



Eine empirische Studie zum Wissen von Schülerinnen und Schülern über aktive Vulkane und Schutzmaßnahmen in Ecuador

An Empirical Study on Pupils' Knowledge on Active Volcanoes and Protective Measures in Ecuador

Un estudio empírico sobre los conocimientos del alumnado sobre volcanes activos y medidas de precaución en Ecuador

Karl-Heinz Otto , Theofilos Toulkeridis , Imme Zach und Dennis Edler 

Zusammenfassung

Der vorliegende Beitrag beschäftigt sich mit einer umfassenden empirischen Erhebung zum Wissen von Schülerinnen und Schülern über Vulkane und Vulkanismus in Ecuador, das weltweit die größte Dichte an Hochrisikovolkanen hat. Diese erste Teilstudie der Erhebung konzentriert sich auf das Wissen über aktive Vulkane sowie Schutzmaßnahmen bei Vulkanausbrüchen. Die Studie ist eine Forschungs Kooperation des Geographischen Instituts der Ruhr-Universität Bochum mit dem Departamento Ciencias de la Tierra y Construcción der Universidad de Las Fuerzas Armadas (Sangolquí, Ecuador). Sie umfasst zwei Testgruppen: 1) Schulkinder der 5./6. Jahrgangsstufe an den Deutschen Schulen in Quito und Guayaquil, die noch keinen Unterricht über Vulkane und Vulkanismus hatten, 2) Schülerinnen und Schüler der 12. Jahrgangsstufe der gleichen Schulen.

Abstract

This paper discusses the results of an extensive empirical study on students' knowledge on volcanoes and volcanism in Ecuador, a country characterized by the highest density of high-risk volcanoes worldwide. The first part of the study deals with students' knowledge on active volcanoes and protective measures against disasters. The study emerged from a research cooperation of the Geography Department of the Ruhr-University Bochum, Germany, and Departamento Ciencias de la Tierra y Construcción of Universidad de Las Fuerzas Armadas (Sangolquí, Ecuador). The sample included two groups of participants: 1) fifth-graders and sixth-graders from the German schools in Quito and Guayaquil with no formal instruction on volcanoes and volcanism, 2) twelfth-graders attending the same schools.

Resumen

Este artículo versa sobre un amplio estudio empírico de los conocimientos del alumnado sobre volcanes activos y vulcanismo en Ecuador, un país que cuenta a nivel mundial con la mayor densidad de volcanes con riesgo alto. Esta primera parte del sondeo se centra en el saber sobre volcanes activos además de medidas de precaución en el caso de una erupción volcánica. El estudio es un proyecto de investigación cooperativo entre el Instituto geográfico de la Ruhr Universität Bochum y el Instituto Ciencias de la Tierra y Construcción de la Universidad de Las Fuerzas Armadas (Sangolquí, Ecuador). Dicho proyecto engloba dos grupos en el sondeo: 1) Alumnas y alumnos de 6º de los Colegios Alemanes en Quito y Guayaquil que hasta el momento del sondeo no han tenido clase sobre este tema. 2) Alumnas y alumnos de 12º de los mismos colegios. Los resultados del análisis estadístico de esta etapa de investigación aclaran que la cercanía entre colegio y un volcán de alto riesgo influye en el saber sobre ese vulcanismo y las medidas de precaución. Abundando en la investigación, y comparando los resultados entre las edades, el alumnado de 6º muestra un adelanto del saber en cuanto a los conocimientos, a pesar de no haber recibido información en clase.

Schlüsselwörter

Vulkane/Vulkanismus, Ecuador, Katastrophenvorsorge, Schülerwissen, Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE)

Keywords

volcanoes/volcanism, Ecuador, disaster risk reduction, students' knowledge, Education for Sustainable Development (ESD)

Palabras clave

volcanes/volcanismo Ecuador educación para riesgos, conocimiento, estudiantil, Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS)

1 Begründung und Zielsetzung der Untersuchung

Naturereignisse, wie bspw. Vulkanausbrüche, können insbesondere in vulnerablen Gesellschaften (Sozial-) Katastrophen auslösen. Die Ursachen für eine erhöhte Anfälligkeit in Katastrophenszenarios sind vielfältig. Einschlägige Beispiele dafür sind das Fehlen weitgehender Vorkehrungen für den Bevölkerungsschutz und unzureichende Frühwarnsysteme, defizitäre Gesundheitssysteme, ungenügende umweltrechtliche Vorschriften, mangelnde Verwaltungskapazitäten, Stadtgründungen direkt auf Verwerfungslinien oder in unmittelbarer Nähe von Vulkanen, fortschreitende Verstädterung, rasant ansteigende Bevölkerungsdichten, unzureichende Statik und Baumaterialien, fehlende Bauvorschriften (oder deren Missachtung bzw. mangelnde Überwachung), illegale Besiedlung gefährdeter Gebiete sowie unzureichende Bildung bzw. Aufklärung (s.u.; vgl. BMZ, 2010; FELGENTREFF, KUHLCHE & WESTHOLT, 2012; BÜNDNIS ENTWICKLUNG HILFT & UNU-EHS, 2017).

Um die Katastrophenvorsorge zu stärken, wurde bereits im Jahre 1999 vom damaligen UN-Generalsekretär Kofi Annan ein weltweites Umdenken von einer Kultur der Reaktion (*culture of reaction*) zu einer Kultur der Vorsorge (*culture of prevention*) gefordert. Dabei sollte Vorsorge das primäre strategische Ziel des Bevölkerungsschutzes sein. Die visionäre Forderung Kofi Annans ist aktueller Bestandteil der Roadmap der UNESCO (2014) zur Umsetzung des Weltaktionsprogramms Bildung für nachhaltige Entwicklung. Diese Roadmap sieht vor, dass die Katastrophenvorsorge, neben dem Klimawandel, der Biodiversität und der Nachhaltigkeit in Produktion und Konsum, eines von vier globalen Schwerpunktthemen bildet (vgl. UNESCO, 2014).

Innerhalb der Agenda zur Katastrophenvorsorge erhält die Schulbildung einen hohen Stellenwert, da durch sie der Bevölkerung essenzielles Grundlagenwissen zu risikobewusstem und -reduzierendem Handeln vermittelt wird (vgl. HUFSCHMIDT & DIKAU, 2013; PICHLER & STRIESSNIG, 2013). Kinder und Jugendliche haben bereits in der Vergangenheit demonstriert, dass sie durch ihr Wissen über Naturrisiken und deren Anzeichen sich selbst und andere Menschen im Katastrophenfall retten können (vgl. UN/ISDR, 2006; BAN, 2008). (Schul-)Bildung stellt damit einen zentralen Katalysator dar, der zur Sicherung einer menschenwürdigeren und nachhaltigeren Zukunft für alle beiträgt (vgl. MÖNTER & OTTO, 2017). In Ergänzung dazu kann durch Bildungsforschung ermittelt werden, inwieweit das Wissen der Bevölkerung – einschließlich der Schülerinnen und Schüler – zu

risikobewusstem Handeln in Katastrophenfällen ausgeprägt ist sowie räumlich differenziert auftritt und wie in Zukunft mögliche Schwachstellen durch effiziente Lösungen korrigiert werden können.

Ein gemeinsames Forschungsprojekt des Geographischen Instituts der Ruhr-Universität Bochum (RUB) mit dem *Departamento Ciencias de la Tierra y Construcción der Universidad de las Fuerzas Armadas* (Sangolquí, Ecuador) hat das primäre Ziel, (Alltags-)Vorstellungen und das (Alltags-)Wissen von Schülerinnen und Schülern über Vulkane/Vulkanismus im Hochrisikoland Ecuador zu untersuchen. Zudem wird erhoben, ob und wie differenziert die Schülerinnen und Schüler auf den Ernstfall vorbereitet sind. Diese Untersuchung bezieht sich auf Schülerinnen und Schüler, die noch keinen Unterricht über die Thematik hatten. Darüber hinaus bilden Jugendliche zum Ende ihrer Schulzeit eine weitere Probandengruppe.

Ziel ist es, aus den Ergebnissen der Gesamtstudie im Sinne der didaktischen Strukturierung angemessene Lehr-/Lernumgebungen über Vulkane/Vulkanismus in Ecuador abzuleiten. Diese sollen die Schülerinnen und Schüler dabei unterstützen, adäquate Kompetenzen aufzubauen, die das risikobewusste und -reduzierende Handeln im Katastrophenfall optimiert. Auf diese Weise könnte geographische (Schul-)Bildung den Abbau von Vulnerabilität und den Aufbau von Resilienz gegenüber einer akuten Naturgefahr fördern. Dadurch könnte sie einen Beitrag leisten, um die notwendige Katastrophenvorsorge in Ecuador zu verbessern (vgl. OTTO, 2016).

Die in diesem Aufsatz präsentierten und diskutierten Ergebnisse bilden eine erste Teilstudie der sehr viel umfangreicheren und nicht auf einen Fachaufsatz reduzierbaren Gesamtstudie, deren Befragungsdaten in den Jahren 2014 und 2015 erhoben wurden. Diese Teilstudie konzentriert sich auf das Wissen der Schülerinnen und Schüler über aktive Vulkane innerhalb Ecuadors und auf die Gefahrenprävention.

Im Folgenden wird in einem theoretischen Grundlagenkapitel (2) das Modell der Didaktischen Rekonstruktion kompakt vorgestellt (Kap. 2.1). Eine wissenschaftliche Einordnung des geographischen Themas Vulkane bzw. Vulkanismus in Ecuador schließt in Kapitel 2.2. an, bevor in Kapitel 2.3 ein Überblick über den Forschungsstand zu empirischen Untersuchungen zu Schülervorstellungen über Vulkane und Vulkanismus gegeben wird. Zum Ende des Theoriekapitels werden die für diesen Aufsatz gewählten Forschungsfragen begründet (Kap. 2.4). Kapitel 3 stellt das Forschungsdesign sowie die Methodik der Befragung

vor. Danach werden die Untersuchungsergebnisse präsentiert (Kap. 4) und in einer Diskussion fachlich

eingeordnet (Kap. 5). Reflexion und Ausblick runden den Beitrag ab (Kap. 6).

2 Theoretische Grundlagen der Gesamtstudie

2.1 Didaktische Rekonstruktion

Zahlreiche empirische Untersuchungen belegen, dass die Vorstellungen und das (fachspezifische) Vorwissen von Kindern und Jugendlichen wesentlichen Einfluss auf das Lernen und Problemlösen haben (vgl. DUIT, 2008; REINFRIED, 2015). Die Lernenden sind dort abzuholen, wo sie stehen. Nach heutigem Stand der Forschung konstruieren sich die Schülerinnen und Schüler ihr neues Wissen auf der Basis des vorhandenen Wissens eigenständig. Lernen ist damit kein passives Einlagern und Übernehmen von Lernstoff, sondern aktives Aneignen vor dem Hintergrund des bereits Vorhandenen (vgl. DUIT, 2008). *Lernen* ist also ein aktiver, konstruktiver, zielgerichteter, situierter und sozial eingebundener Prozess (vgl. REINMANN & MANDL, 2001; SCHNOTZ, 2011).

Kinder und Jugendliche haben oftmals auch Vorstellungen und Wissen von geographischen und geowissenschaftlichen Termini, Prinzipien, Kräften und Prozessen, die sie in ihrem Lebensumfeld durch vielfältige Alltagserfahrungen und Informationen erworben haben. Nach KATTMANN, DUIT, GROPENGIESSER und KORMOREK (1997) sowie BAALMANN, FRIEDRICH, WEITZEL, GROPENGIESSER und KATTMANN (2004) lassen sich Vorstellungen in unterschiedlichen Komplexitätsebenen einteilen. Mit zunehmendem Komplexitätsgrad werden Begriff, Konzept, Denkfigur und Theorie unterschieden.

Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler sind aber oftmals nicht identisch mit dem wissenschaftlichen Forschungsstand. Mit Blick auf das Lernen haben solche Vorstellungen eine Doppelrolle inne: Zum einen sind sie notwendige Anknüpfungspunkte, zum anderen aber auch Lernhemmnisse (vgl. DUIT, 2006). Da sich die Vorstellungen der Kinder und Jugendlichen vielfach aus bewusstem und unbewusstem Erfahrungs- und Erlebnislernen ergeben, sind sie im Denken tief verankert und für die Lernenden plausibel. Deshalb halten Schülerinnen und Schüler in der Regel *beharrlich* an ihren Vorstellungen und an ihrem Wissen fest und es ist oftmals nicht einfach, diese im Unterricht durch wissenschaftliche Konzepte zu ersetzen (vgl. REINFRIED, 2008).

Eine Möglichkeit (Alltags-)Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern zu korrigieren, ist die Strategie des Konzeptwechsels (*Conceptual Change*) (vgl.

KATTMANN ET AL., 1997; REINFRIED, 2015). Hierfür bietet das Modell der Didaktischen Rekonstruktion einen theoretischen Rahmen (vgl. KATTMANN ET AL., 1997), in dem die Vorstellungen der Lernenden und die fachwissenschaftlichen Perspektiven über einen Lerngegenstand so aufeinander bezogen werden können, dass das Fachwissen von den Schülerinnen und Schülern akzeptiert und gelernt werden kann (vgl. REINFRIED 2015). So können vorhandene (Fehl-)Vorstellungen in neue, wissenschaftlich korrekte Vorstellungen überführt und im *Neuen* verankert werden. Didaktische Rekonstruktion bedeutet, Schülervorstellungen und fachwissenschaftliche Vorstellungen im Unterricht systematisch so aufeinander zu beziehen, dass es den Lernenden ermöglicht wird, fachliche Lernhindernisse zu überwinden, ihr Vorwissen anzureichern und umzustrukturieren und einen Perspektivenwechsel vorzunehmen (vgl. REINFRIED, 2015). Schülervorstellungen und Didaktische Rekonstruktion werden ausführlich und differenziert in verschiedenen Beiträgen u.a. von REINFRIED (2010) und SCHULER (2011) behandelt.

Der vorliegende Aufsatz möchte – seiner Problemstellung entsprechend – einen ersten Einblick in das (Alltags-)Wissen der Schülerinnen und Schüler in Ecuador zu dem sehr existentiellen Phänomen Vulkane/Vulkanismus liefern. Da es sich hierbei um eine explorative Untersuchung in einem spanischen Sprachraum handelt, beschränkt sich die Studie darauf, Wissen (Begriffe, Fakten), also die erste Komplexitätsebene von Vorstellungen, zu erfassen und auszuwerten (s.o.).

2.2 Fachliche Klärung: Vulkanismus in Ecuador unter besonderer Berücksichtigung des Tungurahua und des Cotopaxi

In den Anden Ecuadors befinden sich insgesamt 250 Vulkane. Damit weist dieses Land die weltweit höchste Vulkandichte auf. Das hat zur Folge, dass mehr als die Hälfte der 16 Mio. Menschen in Ecuador in gefährlicher Nähe zu Vulkanen lebt. Die Ursache hierfür ist die Subduktion der Nazca-Platte unter die Südamerikanische und die Karibische Platte (vgl. FREYMULLER, KELLOGG & VEGA, 1993; TOULKERIDIS, 2013). Der Cotopaxi und der Tungurahua gehören zu den 20 aktiven Vulkanen Ecuadors.

Vulkan Tungurahua

Der 5.019 m hohe Tungurahua ist ein typischer Stratovulkan mit 30-35° steilen Flanken. Er ragt ca. 3.200 m aus der umliegenden Landschaft heraus (relative Höhe) und besitzt einen offenen Krater in nordwestlicher Richtung (vgl. ABB 1). Im Gefährdungsgebiet des Tungurahua leben knapp 200.000 Menschen. Die unmittelbar am Vulkan gelegene Stadt Baños hat knapp 20.000 Einwohner. Der Tungurahua liegt in der sog. Cordillera Real und besteht aus drei unterschiedlich alten Vulkanbauten (Tungurahua I, II und III). Die beiden ersten Vulkangebäude kollabierten nach einer beachtlichen Zeit der Aktivität jeweils an den westlichen Flanken (vgl. HALL ET AL., 1999). Heute lassen sich

von beiden nur noch Reste an den nördlichen, östlichen und südlichen Hängen nachweisen. Der rezente Vulkan, der Tungurahua III, entstand vor ca. 2.300 Jahren und besteht aus abgelagerten Gerölllawinen des letzten partiellen Zusammenbruchs und anhaltenden Serien von andesitischen Laven. Die steilen Flanken des Tungurahua sind das Ergebnis fortwährender und wechselnder Ablagerung von Lava- und pyroklastischen Strömen sowie Asche-, Schlacke- und Lapilliauswürfen (vgl. LEPENNEC ET AL., 2004; AGUILERA & DUEÑAS, 2007). Beim Tungurahua III konnte bisher einmal im Jahrhundert eine aktive Eruptionsphase nachgewiesen werden, die jeweils etwa eine Dekade andauerte. Der Tungurahua, der bis 1993 relativ ruhig



ABB 1 Lage der Vulkane Tungurahua und Cotopaxi in den ecuadorianischen Anden

(Quelle: Autorin und Autoren; Entwurf: K.-H. OTTO; Grafik: R. WIELAND)

war, zeigte danach aber eine deutlich steigende seismische Aktivität. Im August 1999 schließlich brach der Vulkan nach 80 Jahren erneut aus. Diese letzte Ausbruchphase endete vorerst 2016, also nach genau 17 Jahren.

Im Jahr 1999 ereignete sich ein so heftiger Ausbruch, dass 26.000 Menschen aus Baños und Umgebung für drei Monate evakuiert werden mussten. Die Evakuierung endete allerdings abrupt, weil die Bevölkerung unter Anwendung von Gewalt die Rückkehr in ihre Heimat erzwang (vgl. LANE, TOBIN & WHITEFORD, 2003). Spätere Evakuierungen erfolgten ausschließlich nachts und auf freiwilliger Basis an der westlichen Flanke des Vulkans. Charakteristisch für diese letzte Ausbruchphase waren phreatische und strombolianische Explosionen. Im Jahr 2006 erreichten Eruptionswolken eine Höhe von bis zu 19 km. Durch die Windverhältnisse waren davon meist die westlichen bis südlichen Hänge des Vulkans betroffen (vgl. TOULKERIDIS, 2013; TOULKERIDIS & ZACH, 2016). Bei den Ausbrüchen am 10.-16. Mai sowie am 14. Juli 2006 erreichten die pyroklastischen Ströme sogar einige Dörfer an der Westflanke so etwa Cusúa und Bilbao. Die gewaltigsten Eruptionen erfolgten in dieser Ausbruchphase aber am 16-17. August 2016 mit einem *Volcanic Explosive Index* (VEI) von 3. Sie produzierten 20 pyroklastische Ströme, welche große Teile vor allem der Westflanke bedeckten. Sieben Menschen wurden getötet, fünf Dörfer (Chilibú, Choglontuz, Palitagua, Palitahua, Capil) vollkommen zerstört und 20.000 ha landwirtschaftliche Nutzfläche vernichtet. 5.000 Menschen flohen in sichere Gebiete, wo sie über mehrere Monate unter unzureichenden Bedingungen lebten. Die ausgeworfene Aschewolke wehte in südwestliche Richtung bis über die ecuadorianische Grenze hinaus (vgl. TOULKERIDIS, 2013; TOULKERIDIS & ZACH, 2016).

Vulkan Cotopaxi

Der 5.897 m hohe Stratovulkan Cotopaxi liegt räumlich zwischen den Städten Quito (60 km südlich) und Latacunga (20 km nördlich) (vgl. ABB 1). Während Quito ca. 1,6 Mio. Einwohner hat, leben in Latacunga etwa 100.000 Menschen. Die bevölkerungsreichste Stadt Ecuadors ist mit ca. 2,3 Mio. Einwohnern Guayaquil.

Der Cotopaxi hat zwei Schlote, wovon der jüngste schneebedeckt ist. Aus zwei partiellen Zusammenbrüchen vor ca. 4.600 und ca. 2.300 Jahren resultierten Lavaströme, Gerölllawinen, Lahars, pyroklastische Ströme, Asche- und Bimssteinregen sowie Gasemissionen. Die letzten vier großen Ausbrüche des Cotopaxi in den Jahren 1534, 1742, 1768 und 1877 sind in mehreren Studien detailliert beschrieben und dokumentiert (vgl. LA CONDAMINE, 1751/1986; SODIRO,

1877; WOLF, 1878; BARBERI, COLTELLI, FRULLANI, ROSI & ALMEIDA, 1995; AGUILERA, PARESCHI, ROSI & ZANCHETTA, 2004). Einige dieser Studien beschreiben die Zerstörung von nahegelegenen Ortschaften und umgebender Infrastruktur durch verschiedene bis zu 70 km/h schnelle Lahars. Aktuelle tephrastratigraphische und geochronologische Studien belegen insgesamt 19 größere Eruptionsphasen in den vergangenen 2.200 Jahren (vgl. BARBERI ET AL., 1995). Darüber hinaus erfolgten zwischen 1532 und 2015 zusätzlich 59 kleinere Ausbrüche. Bei 27 von ihnen wurden kleinere Lahars, Gasemissionen und der Niederschlag von pyroklastischem Material nachgewiesen (vgl. Barberi ET AL., 1995). Auf der Grundlage der vorangegangenen Ausbrüche lag die statistische Wahrscheinlichkeit eines erneuten größeren Ausbruchs im Jahr 2015 bei 72%. Für kleinere Ausbrüche lag sie sogar noch deutlich höher.

Seit dem letzten großen Ausbruch im Jahr 1877 hat ein enormes Siedlungswachstum rund um den gletscherbedeckten Vulkan stattgefunden. Während 1877 in der potenziell gefährdeten Umgebung des Cotopaxi 30.000 Menschen lebten, von denen ca. 1.000 Personen bei früheren Ausbrüchen ums Leben kamen, leben heute mehr als 500.000 Menschen in der unmittelbaren Gefahrenzone dieses Vulkans. Berechnungen ergaben, dass die nächstgelegene Stadt bei einem größeren Ausbruch in weniger als 30 Minuten von einem Lahar erreicht wird. Aufgrund der geringen Vorwarnzeit ist hier eine rechtzeitige Evakuierung nicht möglich (vgl. AGUILERA & DUEÑAS, 2004). Trotz kleinerer phreatischer Explosionen zwischen 1940 und 1942 und seismischen Aktivitäten und Gasausstößen zwischen 1976 und 1977 erfolgte die eigentliche Reaktivierung des Cotopaxi Ende 2001. Diese deutete sich durch erhöhte seismische Aktivität, Fumarolentätigkeit, Entgasungen und kleinere phreatische Explosionen an (vgl. CERCA, TOULKERIDIS & CONCHA-DIMAS, 2005; TOULKERIDIS, 2006; 2010). Die vulkanischen Aktivitäten nahmen schließlich immer dramatischere Ausmaße an, bis diese im April 2015 ihren Höhepunkt erreichten. Die Anzahl der Erdbeben stieg jetzt auf einige hundert pro Tag an und die SO₂-Emissionen erreichten mehr als 5.000 t pro Tag (vgl. IGEPN, 2015a; 2015b). Deshalb rechnete man in den folgenden Tagen oder Wochen mit einem heftigen Ausbruch des Cotopaxi.

Am Abend des 13. August 2015 um 17:27 Uhr wurde schließlich die größte jemals erreichte seismische Aktivität gemessen, die erste deutliche Hinweise auf eine unmittelbar bevorstehende Explosion lieferte. Nur wenige Stunden später, um 4:02 und 4:07 Uhr des darauffolgenden Tages, erfolgten die ersten beiden großen Explosionen, drei weitere dann um 10:25,

13:45 und 14:29 Uhr. Das *Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional* (IGEPN) konnte die erste Explosion zeitlich zunächst nicht genau bestimmen, so dass eine offizielle Bestätigung an das *Secretaría de Gestión de Riesgos* (SGR) bzw. die Öffentlichkeit erst viel später erfolgte (IGEPN, 2015a; 2015b). Dies lag nicht an der Dauer der Interpretation der seismischen und technischen Daten, sondern an der völligen Überlastung der Kommunikationsnetze durch zahllose Menschen, die Ascheregen auf ihre Autos meldeten oder Explosionen vernommen hatten. Der erste Ausbruch frühmorgens um 4:02 Uhr war der heftigste von allen, die sich im gesamten Zeitraum von August bis November 2015 ereigneten. Erst am 15. August 2015, also einen Tag nach der ersten Explosion, informierte das IGEPN dann um 7:20 Uhr die Öffentlichkeit über mögliche pyroklastische Ströme und Lahars an der Südflanke des Cotopaxi. Diese Nachricht wurde zuerst über Twitter und Facebook, später aber auch über Fax und Telefon verbreitet. Die Nachricht wurde durch ein Foto ergänzt, das einen pyroklastischen Strom zeigt. Dies verursachte in der Bevölkerung Chaos und Panik und führte zu unkontrolliertem Verhalten auch bei Offiziellen in den Städten Lasso und Latacunga sowie in kleineren Gemeinden im südlichen Bereich des Vulkans. Die rasche Einrichtung von Polizeikontrollen an Straßen, über die eine Evakuierung möglich war, konnte nicht verhindern, dass sieben Menschen zumeist bei Autounfällen oder durch Herzinfarkte ums Leben kamen. Die Ergebnisse von Modellrechnungen (vgl. BARBERI ET AL., 1995; AGUILERA & DUEÑAS, 2004; PISTOLESI, 2008; PISTOLESI ET AL., 2014) belegen, dass Lahars Latacunga ca. 90 Minuten nach ihrer Entstehung erreichen. Die offizielle Aufforderung des SGR, die Region sofort zu evakuieren, wurde um 9:00 Uhr per Twitter verbreitet, ca. 80 Minuten nach der initialen Nachricht des IGEPN und zehn Minuten vor dem potenziellen Eintreffen eines Lahar in Latacunga. Auch die Presse wurde über die Entstehung von pyroklastischen Strömen und Lahars informiert. In Wirklichkeit gab es aber im gesamten Jahr 2015 überhaupt keinen einzigen Lahar. Noch am Nachmittag desselben Tages gab es von Seiten des IGEPN – gestützt durch Beobachtungen während eines Fluges über den Vulkan – eine neue Presseinformation, nach der es während der Explosionen weder zur Bildung von pyroklastischen Strömen noch von Lahars gekommen ist. Zudem wurde das Foto des pyroklastischen Stroms durch ein Foto ersetzt, das den Niederschlag von pyroklastischem Material zeigt. Auch das SGR veröffentlichte diese neue Nachricht zeitnah. Was am 15. August 2015 geschah, wurde ebenfalls an das Global Volcanism Program des Smithsonian Instituts

übermittelt (vgl. SMITHSONIAN INSTITUTION, 2015). Dementsprechend wurden an diesem Tag erhöhte SO₂-Emissionen gemessen und eine Remobilisierung von Ascheablagerung an der Westflanke beobachtet. Über Aschenregen wurde nicht berichtet, und die Bewohnerinnen und Bewohner meldeten nur einen geringen Schwefelgeruch. Durch diese Meldung wurden die oben geschilderten, tatsächlichen Geschehnisse eindeutig verfälscht (vgl. SMITHSONIAN INSTITUTION, 2015). Infolge der zunächst falschen und danach verfälschten Informationen und des in 2015 in Ecuador herrschenden schlechten sozialen und politischen Klimas rief der damalige Präsident Ecuadors noch am selben Nachmittag den Staatsnotstand aus. Der letzte Ausbruch des Cotopaxi erfolgte 2016.

Überwachungsstationen

Der Tungurahua und der Cotopaxi gehören zu den am besten beobachteten Vulkanen in Ecuador. Seit über 40 Jahren wird hier ein permanentes Monitoring durchgeführt. In Ecuador existieren seismologische Observatorien mit unterschiedlichen Überwachungsstufen und unterschiedlicher Ausstattung (I, II, III).

Observatorien der Überwachungsstufe I sind für sehr gefährliche Vulkane eingerichtet: Tungurahua, Cotopaxi und Guagua Pichincha. Sie verfügen über mehr als vier Stationen zur Überwachung der seismologischen Aktivitäten. Sie besitzen zum einen Infrarotschall-Sensoren (nicht im Observatorium Guagua Pichincha) sowie Neigungsmesser, elektronische Distanzmessungen (EDM) und GPS-Geräte zur Überwachung der Deformation der Erdoberfläche. Zum anderen erfolgen geochemische Überwachungen von Fluiden, Überwachungen von Schlamm- und/oder Lavaströmen sowie von pyroklastischen Strömen (ebenefalls nicht beim Guagua Pichincha).

Katastrophenprävention

In Ecuador sind verschiedene Maßnahmen der Katastrophenvorsorge vorgesehen. Beispielsweise gibt es in einigen Städten (u.a. in Quito, Sangolquí) Warnschilder, auf denen Fluchtwege und -orte ausgewiesen sind. Einige dieser Schilder sind allerdings nicht richtig positioniert oder zeigen die falsche Evakuierungsrichtung an. Ein weiteres Mittel der Katastrophenvorsorge ist der Besitz eines Notfallrucksacks, der für alle Kinder und Jugendlichen vom Sekretariat für Risikomanagement (SGR) also behördlich vorgeschrieben ist. Der Notfallrucksack enthält neben Wasser, Keksen, Thunfisch auch eine Taschenlampe und ein Radio mit Batterien. Das SGR stellt für die Bevölkerung ebenfalls Prospekte zur Verfügung, die Handlungsanweisungen für den Ernstfall geben.

TAB 1 Warnstufensystem in Ecuador (Quelle: Autorin und Autoren)

| Warnstufe „weiß“ | Warnstufe „gelb“ | Warnstufe „orange“ | Warnstufe „rot“ |
|-----------------------------|---|--|--------------------------------------|
| Der Vulkan ist nicht aktiv. | Es kann zum Aufsteigen von Magma und einer möglichen Eruption kommen. | Magma befindet sich nahe der Oberfläche oder im Vulkankrater.) | Es finden größere Explosionen statt. |

In der Regel sind sie im Comic-Design gestaltet, um vor allem auch Kinder anzusprechen. Diese Prospekte sind aber nicht überall erhältlich und somit nicht für jeden zugänglich. In Ecuador existiert ein öffentliches Warnsystem, das mit unterschiedlichen Farben arbeitet (vgl. TAB 1). Die jeweils aktuell ausgerufene Warnstufe wird sowohl über die Medien als auch über aufgestellte Schilder in der Bevölkerung verbreitet.

2.3 Fachdidaktischer Forschungsstand

Bisher liegen international und national nur wenige empirische Untersuchungen zu Vorstellungen und zum Wissen von Schülerinnen und Schülern bzw. Studentinnen und Studenten über Vulkane/Vulkanismus vor (vgl. TAB 2). Studien zu anderen Naturrisiken, wie z.B. Erdbeben, werden hier nicht berücksichtigt, weil sie den Rahmen dieses Beitrags sprengen würden. Unsere Recherchen haben zu elf Studien zum Vulkanismus geführt. Davon wurden sieben Untersuchungen mit Schülerinnen und Schülern im Alter von 5–11 Jahren und vier im Alter von 11–19 Jahren durchgeführt. Während acht Studien ausschließlich mit Fragebögen oder mit Fragebögen in Kombination mit qualitativen Interviews realisiert wurden, basieren die Übrigen allein auf qualitativen Interviews. In allen elf Studien wurden insgesamt Daten von ca. 1.900 Probandinnen

und Probanden erhoben.

Auffällig ist, dass von diesen elf Untersuchungen nur drei in Ländern erfolgt sind, in denen es aktiven Vulkanismus gibt, d.h. in Neuseeland (1), Italien (1) und den USA (1). Aktiver Vulkanismus kommt in den USA gegenwärtig allerdings nur im Westen des Landes vor. Die aufgeführte Studie von Gobert (2000) wurde jedoch im Nordosten der USA durchgeführt.

Die übrigen Untersuchungen fanden in Spanien (1), England (4), Frankreich (1), der Türkei (1) und in Deutschland (1) statt.

Bemerkenswert ist weiterhin, dass sich von den elf aufgelisteten Studien nur die Untersuchungen von CHARTRAIN und CAILLOT (2001) und DAL (2006) explizit oder zumindest marginal mit Vorstellungen zum Themenfeld Vulkane/Vulkanismus beschäftigen.

Eine empirische Studie zum Wissen von Schülerinnen und Schülern über aktive Vulkane

TAB 2 Überblick über internationale Untersuchungen zu Alltagsvorstellungen von Schülerinnen und Schülern (SuS) über Vulkane/Vulkanismus (Quelle: CONRAD, 2014, erweitert und ergänzt)

| Autoren | Fragestellung | Methode | Alter der SuS / Probanden/-zahl |
|---|--|---|--|
| 1. GAPP & SCHLEICHER (2010) Deutschland | Welche Vorstellungen haben SuS der 3. Klasse vom Aufbau der Erde? | Zeichnungen, schriftliche Erläuterungen, Beschreibungen und teilstrukturierte Interviews | 6–9 Jahre ($n=25$) |
| 2. CARLINO, SOMMA & MAYBERRY (2008) Italien | Welche Vorstellungen haben SuS über das Risiko, das vom Vesuv ausgeht? | Fragebogen | 13–19 Jahre ($n=400$) |
| 3. DAL (2006) Türkei | Welche Vorstellungen haben SuS der 6. und 9. Jahrgangsstufe sowie Lehramtsstudierende in unterschiedlichen Ausbildungsabschnitten von Vulkanismus? | Fragebogenuntersuchung | Jahrgangsstufen 6 und 9 sowie Lehramtsstudierende ($n=130$) |
| 4. BLAKE (2005) England | Welche Vorstellungen haben SuS von Strukturen und Prozessen in geowissenschaftlichen Kontexten? | Hauptstudie: Fragebogen Vertiefende Studie: Interviewstudie | Hauptstudie: 7–11 Jahre ($n=115$) Vertiefende Studie: (7–11 Jahre) ($n=20$) |
| 5. CHARTRAIN & CAILLOT (2001) Frankreich | Inwieweit hängt ein erfolgreicher Conceptual Change am Beispiel Vulkanismus von sozialen Variablen, inwieweit von der Einstellung zum Lernen ab? | Zweigeteilte Untersuchung: 1. Vermittlungsphase a) Erfassen von Schülervorstellungen b) Vermittlung wissenschaftlicher Konzepte c) Erfassen von Schülervorstellungen 2. Erfassung der Einstellung zum Lernen mittels zweier Fragebogen | Jahrgangsstufe 5 ($n=28$) |
| 6. GOBERT (2000) USA | Welche Vorstellungen haben SuS über das Innere der Erde und über Prozesse, die mit der Plattentektonik zusammenhängen? | Aufgabe für alle Probanden: Anfertigung einer Zeichnung nach Lektüre 1. Auswertung der Zeichnungen 2. Auswertung eines Posttests zum Schülerverständnis mittels Fragebogen | Jahrgangsstufe 5 ($n=47$) |
| 7. TREND, EVERETT & DOVE (2000) England | Welche Vorstellungen haben SuS von Gebirgen? Welche Unterschiede gibt es zwischen den Vorstellungen jüngerer SuS (7–9 Jahre) und älterer SuS (10–11 Jahre)? | Hauptuntersuchung: Fragebogen Vertiefende Untersuchung: Interviewstudie | Hauptuntersuchung: 7–11 Jahre aus städtischen Schulen ($n=444$) Vertiefende Untersuchung: 7–11 Jahre aus städtischen Schulen ($n=52$) |
| 8. SHARP, MACKINTOSH & SEEDHOUSE (1995) England | Welche Vorstellungen haben SuS von der Gestalt der Erde, dem Erdinneren, Oberflächenformen und Vulkanismus? | Interviewstudie | Jahrgangsstufe 5 ($n=13$) |
| 9. LILLO (1994) Spanien | Welche Fehlvorstellungen haben SuS der 5.–8. Klasse vom Aufbau des Erdinneren? | Fragebogenuntersuchung | Jahrgangsstufen 5–8 ($n=150$) |
| 10. LEATHER (1987) England | Welche Vorstellungen haben SuS unterschiedlichen Alters von Erdbeben? | Fragebogenuntersuchung | 11–17 Jahre ($n=200$) |
| 11. HAPPS (1982) Neuseeland | Welche Vorstellungen haben SuS zu Gebirgen und Vulkanismus? | Interviewstudie | 11–17 Jahre ($n=37$) |

Weitere Studien, die sich schwerpunktmäßig mit anderen geowissenschaftlichen Vorstellungen (u.a. über den Aufbau der Erde, über Erdbeben) von Studierenden und Lehrenden auseinandersetzen, und deshalb für die vorliegende Untersuchung nicht relevant sind, hat CONRAD (2014) in seiner Arbeit aufgelistet.

Darüber hinaus existieren zwei Metastudien über Alltagskonzepte vor allem von Studierenden, die neben zahlreichen anderen geowissenschaftlichen Themen (u.a. Erdbeben, Landschaftsformen, Verwitterung/Erosion) auch marginal das Thema Vulkane/Vulkanismus in den Focus genommen haben (vgl. TAB 3).

TAB 3 Metastudien zu Alltagsvorstellungen von Schülerinnen und Schülern sowie von Studierenden und Lehrenden über Vulkane/Vulkanismus (Quelle: Autorin und Autoren)

| Autoren | Fragestellung | Methode | Alter der SuS / Probanden/-zahl |
|--------------------|--|---|---------------------------------|
| 1. LIBARKIN (2006) | Alltagskonzepte von verschiedenen geowissenschaftlichen Themen | Vergleichende Untersuchung vorliegender Studien | vornehmlich Studierende |
| 2. DOVE (1998) | Alltagskonzepte von verschiedenen geowissenschaftlichen Themen | Vergleichende Untersuchung vorliegender Studien | vornehmlich Studierende |

Fasst man wesentliche Erkenntnisse aller vorliegenden Studien zusammen, kann folgendes festgehalten werden:

- ▶ Grundsätzlich besteht eine breite Spanne von geowissenschaftlichen Alltagsvorstellungen sowohl bei Schülerinnen und Schülern als auch bei Studierenden.
- ▶ Vulkane spielten in den allermeisten vorliegenden Studien aber nur eine marginale Rolle.
- ▶ Vulkane sind für viele Schülerinnen und Schüler und auch für Studierende/Lehrkräfte ein äußerst beliebtes und interessantes Thema (vgl. HEMMER, RAHNER & SCHULER, 2011).
- ▶ Typische Präkonzepte von Schülerinnen und Schülern und Studierenden sind z.B. die Vorstellung, dass es Vulkane nur auf Inseln gibt (vgl. LIBARKIN & ANDERSON, 2005; PARHAM ET AL., 2010), dass Lava stets aus dem heißen, flüssigen Erdkern heraus an die Erdoberfläche strömt (vgl. LILLO, 1994; SHARP, MACKINTOSH, & SEEDHOUSE, 1995; DAL, 2006) und, dass Vulkane, weil Lava heiß ist, nur in Äquatornähe, also in warmen Klimaten existieren können und ein Berg mit Schnee auf dem Gipfel kein Vulkan sein kann (vgl. LIBARKIN & ANDERSON, 2005; LIBARKIN, 2006; PARHAM ET AL., 2010).
- ▶ Weltweit existiert derzeit keine wissenschaftliche Studie zu Vorstellungen und Wissen von Schülerinnen und Schülern über Vulkane/Vulkanismus, die in einem Land mit zahlreichen gefährlichen Vulkanen leben und ihren Lebensalltag vielfach in unmittelbarer Nähe von Hochrisikovulkanen verbringen. Hier setzt die von den Autoren durchgeführte Gesamtstudie an, die in einer explorativen Untersuchung dazu beiträgt, diese Forschungslücke zu schließen. Einen ersten deskriptiven Einblick in einige wenige Aspekte gaben OTTO et al. (2018). Im vorliegenden Beitrag werden daneben weitere Erkenntnisse vorgestellt und in einem größeren Rahmen interpretiert.

2.4 Ausgewählte Leitfragen aus der Gesamtstudie

Wegen den akuten Gefahren, die vom Cotopaxi und Tungurahua ausgehen, sind in diesem Artikel diejenigen Fragen aus dem gesamten Erhebungsbogen von besonderer Bedeutung, die direkt oder indirekt das vorhandene Handlungswissen der Lernenden im Fall einer gefährlichen Explosion analysieren. Aus diesem Grund wurden für diesen Beitrag folgende sechs Leitfragen ausgewählt:

1. Welches Wissen haben Schülerinnen und Schüler über die (geographische) Lage von aktiven Vulkanen?
2. Welches Wissen haben Lernende über aktive Vulkane?
3. Welches Wissen haben Schülerinnen und Schüler von Präventionsmaßnahmen bei Vulkanausbrüchen?
4. Welches Wissen haben Lernende von den Inhalten eines Notfallrucksacks?
5. Wird das Wissen vom Faktor Alter und/oder vom Faktor Schulstandort beeinflusst?
6. Aus welchen Quellen stammt das Wissen?

Ecuador ist weltweit das Land mit der größten Dichte an Vulkanen (vgl. Kap. 2.2). Hunderttausende Menschen leben mit ihren Familien sogar in direkter Nachbarschaft zu einem der 20 aktiven Vulkane. Im Fall einer größeren Vulkaneruption erlaubt besonders risikobewusstes bzw. -reduzierendes Handeln, den dadurch verursachten Gefahren und Gefährdungen effektiver begegnen zu können bzw. diesen besser ausweichen zu können. Hierfür ist es notwendig, zu untersuchen, welches Wissen Schülerinnen und Schüler vom Handeln in Gefahrensituationen haben. Angesichts des Bedrohungspotenzials gingen die Autoren vor der Erhebung von folgenden Überlegungen aus:

- ▶ Die meisten Kinder der 5./6. Jgst. werden schon im Elternhaus und im Kindergarten dazu angeleitet, im Ernstfall risikobewusst bzw. -reduzierend handeln zu können. Deshalb wissen viele Schülerinnen und Schüler der 5./6. Jgst. bereits, wo es aktive Vulkane in Ecuador gibt und wie diese heißen.
- ▶ Die Schülerinnen und Schüler in Quito, die nahe am Cotopaxi leben, werden von den Eltern und im Kindergarten besser auf den Ernstfall vorbereitet als die in Guayaquil, wo es keinen aktiven Vulkan in der näheren Umgebung gibt. Deshalb ist anzunehmen, dass Lernende in Quito, im Vergleich zu denen in Guayaquil, mehr Standorte und Namen von aktiven und gefährlichen Vulkanen kennen und mehr Handlungswissen über den Schutz vor Gefahren haben.
- ▶ Bei den Jugendlichen (Jgst. 12) fallen die Befragungsergebnisse aufgrund des höheren Lebensalters und der beinahe abgeschlossenen gymnasialen Schullaufbahn besser aus als bei den Kindern (Jgst. 5/6).

3 Design und Methodik der Gesamtstudie

3.1 Forschungsdesign und Durchführung

Um die geplante Gesamtstudie umsetzen zu können, wurde ein speziell dafür konzipierter Forschungsplan entworfen, der in Abbildung 2 detailliert dargestellt ist. Aus (fach-)wissenschaftlichen Überlegungen heraus wurden bei der Untersuchung der (Alltags-)Vorstellungen und des Handlungswissens von Schülerinnen und Schülern über Vulkane/Vulkanismus in Ecuador sowohl die Erscheinungs- und Ursachenebene als auch die Reaktionsebene berücksichtigt (vgl. ABB 2).

Als weitere wichtige Kriterien für die Wahl des Untersuchungsraumes wurden die räumliche Entfernung der Probandinnen und Probanden zu aktiven Vulkanen und die daraus resultierenden potenziellen Gefährdungen ausgewählt. Um mögliche Unterschiede bei Schülerinnen und Schülern in städtischen und ländlichen Lebensräumen und auch soziale Differenzierungen herausarbeiten zu können, wurden sowohl Dorf- und Stadtschulen als auch staatliche und private ecuadorianische Schulen sowie darüber hinaus Deutsche Schulen in Ecuador in die Untersuchung einbezogen.

Zusätzlich wurden Schülerinnen und Schüler befragt, die in Städten und Dörfern zur Schule gehen, die weit außerhalb des unmittelbaren Gefährdungsbereiches aktiver Vulkane liegen (Kontrollgruppe). Hierfür wurden die Städte Cuenca und Guayaquil sowie Dörfer in deren Umgebung ausgewählt (vgl. ABB 2).

Der vorliegende Beitrag gibt einen Einblick in das Projekt 1 der Gesamtstudie „Initiale Fragebogenerhebung und -auswertung“ (vgl. ABB 2). Im Zentrum der Untersuchung der Gesamtstudie stehen vor allem das Wissen und die Vorstellungen von Kindern über Vulkane/Vulkanismus in Ecuador. Deshalb wurden Kinder befragt, die in der Schule noch nichts über Vulkane/Vulkanismus erfahren haben. In den geltenden ecuadorianischen Lehrplänen und auch in denen der Deutschen Schulen ist das Thema Vulkane/Vulkanismus im Unterrichtsfach *Sciencias Naturales* bzw. Geographie erst ab

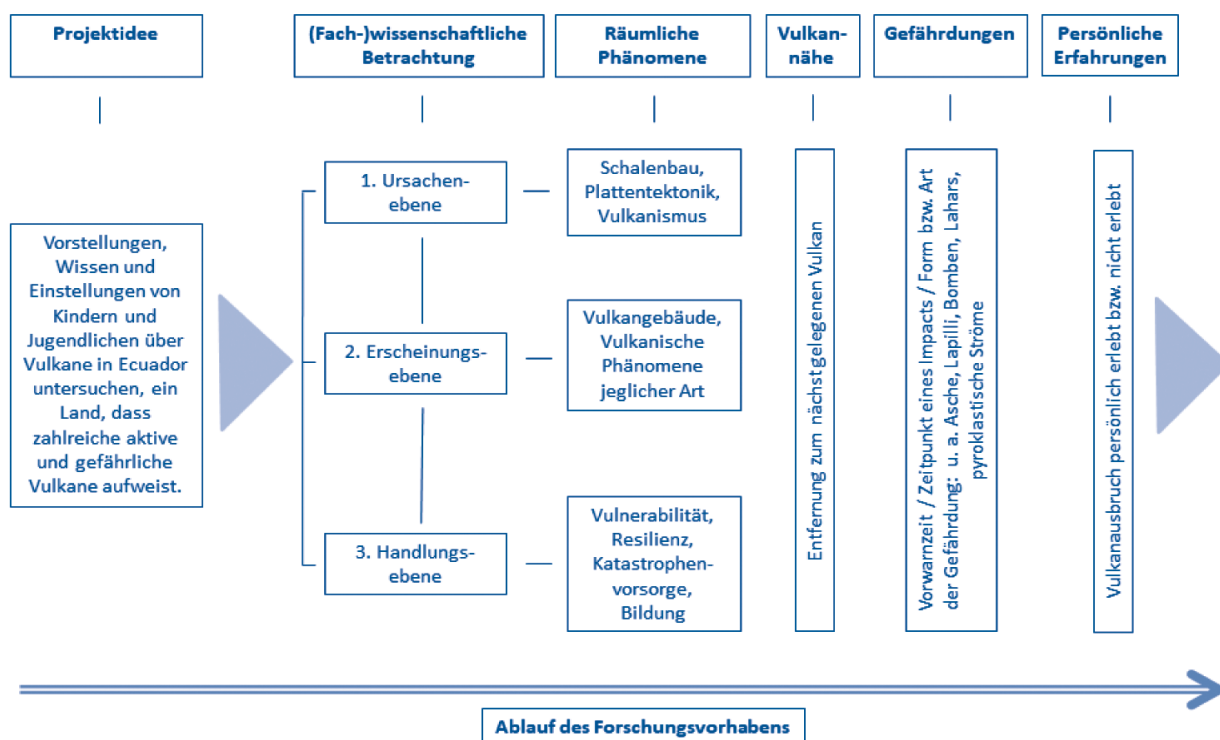
der zweiten Schuljahreshälfte der Jgst. 6 vorgesehen (Anmerkung: Das Unterrichtsfach *Sciencias Naturales* [Naturwissenschaften] ist in Ecuador ein Sammelfach, in dem verschiedene Fächer unterrichtet werden: Biologie, Chemie, Physik, Geologie, Astronomie und Geographie). Dementsprechend wurden zu Beginn der Erhebung, d.h. zum Schuljahresbeginn 2014/2015, vorrangig Lernende der Jgst. 6 und zu späteren Befragungszeiten Kinder der Jgst. 5 befragt. Unmittelbar vor jeder Erhebung wurde durch Nachfragen stets sichergestellt, dass die teilnehmenden Kinder der Jgst. 5 und 6 keinen entsprechenden thematischen Schulunterricht hatten. Um auch einen Eindruck davon zu erhalten, welche (Alltags-)Vorstellungen und welches Handlungswissen Jugendliche am Ende ihrer Schulzeit über Vulkane/Vulkanismus haben, wurden zusätzlich Schülerinnen und Schüler der Jgst. 12 befragt. Die Dorfschulen in Ecuador enden allesamt nach der neunten Jgst., sodass hier keine Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe befragt werden konnten (s.u.).

In den kleineren Dörfern gibt es oftmals nur eine einzige Schule mit maximal zwei Parallelklassen, weshalb hier nur relativ wenigen Kindern der dafür konzipierte Fragebogen vorgelegt werden konnte. Eine Differenzierung nach staatlichen und privaten Schulen war hier ebenso nicht möglich.

Da der Cotopaxi und Tungurahua zu den bekanntesten und auch zu den gefährlichsten Stratovulkanen Ecuadors gehören sowie in deren unmittelbaren Gefährdungsbereichen eine im Landesvergleich überdurchschnittliche Bevölkerungsdichte vorherrscht (vgl. Kap. 2.2), wurden für die Erhebung nur Schulen in Städten und Dörfern ausgewählt, die im näheren und weiteren Gefährdungsbereich dieser beiden Vulkane liegen (vgl. ABB 1 und 3). Zudem wurden zu Vergleichs- bzw. Kontrollzwecken Schulen ausgewählt, die weit außerhalb von deren Gefährdungsbereichen liegen (vgl. ABB 1 und 3). Die Auswahl der Schulen bzw. der einzelnen Klassen erfolgte stets nach dem Zufallsprinzip.

Eine empirische Studie zum Wissen von Schülerinnen und Schülern über aktive Vulkane

Forschungsdesign (I)



Forschungsdesign (II)

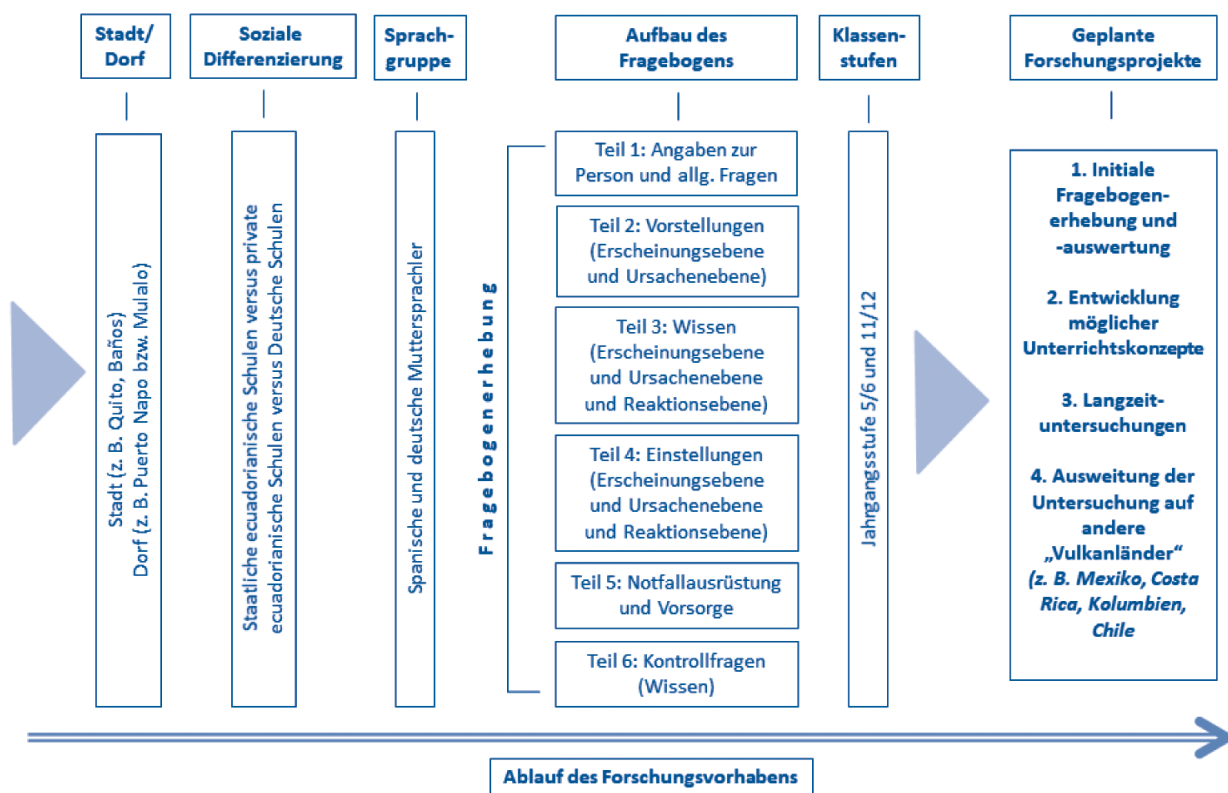


ABB 2 Forschungsdesign der Gesamtstudie (Quelle: OTTO et al. 2018, 202)

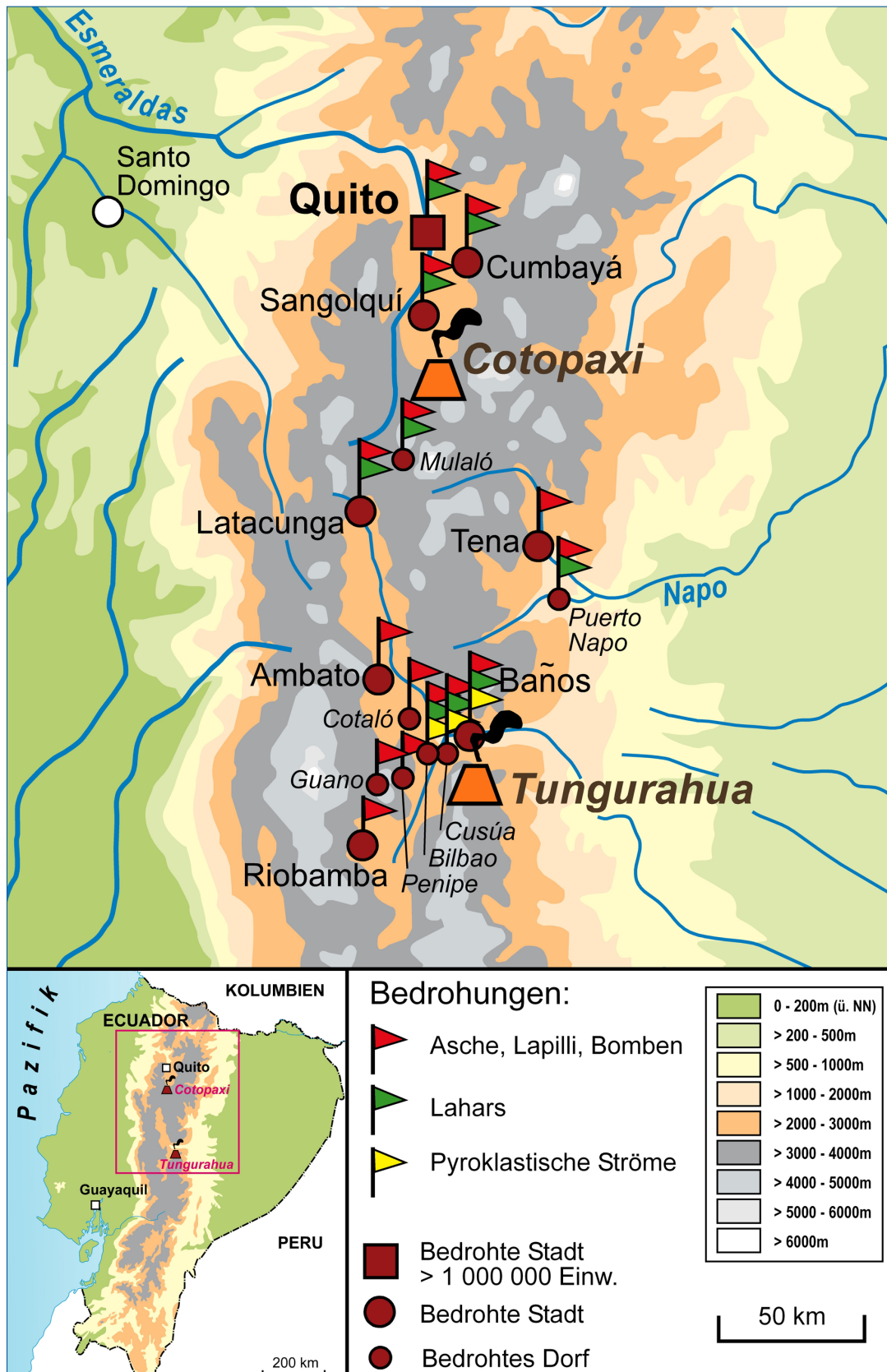


Abb 3 Die für die Gesamtstudie ausgewählten, in der direkten Gefahrenzone des Cotopaxi und Tungurahua liegenden städtischen und ländlichen Siedlungen (Quelle: Autorin und Autoren; Grafik: R. WIELAND)

3.2 Stichprobe

An der Gesamtstudie nahmen insgesamt 1.651 Schülerinnen und Schüler in 62 Klassen an 30 Schulen in zwölf Städten und elf Dörfern teil. Es beteiligten sich 812 Schülerinnen und 819 Schüler. 20 Probandinnen und Probanden machten keine Angaben zum Geschlecht. Durchgeführt wurden die Befragungen im Schuljahr 2014/15.

Da bisher noch nicht alle im Rahmen der Gesamtstudie erhobenen Daten ausgewertet werden konnten, werden in diesem Beitrag zunächst ausgewählte Ergebnisse der Fragebogenerhebung an den Deutschen Schulen in Quito und Guayaquil präsentiert. Dies erscheint schon vor dem Hintergrund sinnvoll, da in der deutschen Geographiedidaktik der Geographieunterricht an Deutschen Schulen im Ausland nur selten beforscht wird. Es gibt weitere Gründe: Die beiden Deutschen Schulen in Quito und Guayaquil

- ▶ befinden sich in den beiden größten Städten des Landes,
- ▶ sind die Eliteschulen des Landes,
- ▶ sind modern und überdurchschnittlich gut ausgestattet,
- ▶ sind aufgrund des hohen Schulgeldes nur für Lernende zugänglich, deren Eltern in der Regel zur Oberschicht gehören und zwar sowohl hinsichtlich ihrer Bildung als auch ihrer finanziellen und sozialen Stellung.

Deutsche Schule in Guayaquil

Die Deutsche Schule in Guayaquil (*Alemán Humboldt*) gehört zum Netzwerk der mehr als 140 Deutschen Auslandsschulen (DAS), die von der Zentralstelle für das Auslandsschulwesen (ZfA) im Auftrag des Auswärtigen Amtes gefördert werden.

Die Deutsche Schule Guayaquil, die ca. 1.500 Lernende unterrichtet, legt Wert auf die individuelle Förderung und Mehrsprachigkeit ihrer Schülerinnen und Schüler sowie auf die Begegnung der Kulturen. Mit ih-

rer pädagogischen und akademischen Qualität sowie ihrem bikulturellen Profil gehört die Deutsche Schule in Guayaquil zu den elitären Schulen des Landes.

Geographie wird an dieser Schule innerhalb des Integrationsfaches *Sciencias Naturales* zusammen mit Physik, Chemie, Geologie und Astronomie unterrichtet. Hier gelten die entsprechenden ecuadorianischen Bildungspläne und die Sekundarstufe I beginnt mit der Jgst. 7, die Sekundarstufe II mit der Jgst. 10.

Deutsche Schule in Quito

Zur Deutschen Schule in Quito gehören ein Kindergarten, eine Grundschule, die Sekundarstufen I und II und eine Berufsschule. Sie ist vom Charakter her eine Begegnungsschule und unterrichtet etwa 1.600 Schülerinnen und Schülern – überwiegend aus Ecuador. An der Begegnungsschule findet der Unterricht auf Deutsch, aber auch auf Spanisch oder auf Englisch statt.

Die Deutsche Schule in Quito ist bis zur Sekundarstufe II durchgehend fünfzügig. In der Grundschule (Jgst. 1–6) und in der Sekundarstufe I (Jgst. 7–9) gibt es dem Leistungsniveau der Schülerinnen und Schüler folgend sog. „nationale“ und „deutsche“ Klassen (vgl. TAB 4). In der Sekundarstufe II (Jgst. 10–12) entscheidet ebenfalls die Qualität der Leistung darüber, ob die Schülerinnen und Schüler in die Klassen aufgenommen werden, die zum ecuadorianischen Abitur (*Bachillerato*) bzw. zur deutschen Fachhochschulreife führen oder zum ecuadorianischen Abitur und zur deutschen Hochschulreife. Während Geographie in den nationalen Klassen ein Gemeinschaftsfach (*Ciencias Sociales*) mit Soziales und Geschichte bildet, wird Geographie in den *deutschen* Klassen als eigenständiges Fach unterrichtet.

Einen detaillierten Überblick über die Anzahl und Geschlechterverteilung der in dieser Teilstudie in den Deutschen Schulen in Quito und Guayaquil befragten Schülerinnen und Schülern liefert TAB 4. Die homogene Zusammensetzung der Probandinnen und Probanden sowohl in Quito als auch in Guayaquil garantiert eine gute statistische Vergleichbarkeit.

TAB 4 Überblick über die Anzahl der befragten Schülerinnen und Schüler der Jgst. 6 bzw. 12 der Deutschen Schulen in Quito und Guayaquil (Schuljahr 2014/2015) (Quelle: Autorin und Autoren)

| | Schülerinnen u. Schüler der 6. Jgst. | | | | Schülerinnen u. Schüler der 12. Jgst. | | | | Gesamtzahl der befragten Schülerinnen u. Schüler | |
|-------------------------------------|--------------------------------------|----|-----------|----|---------------------------------------|----|-----------|----|--|----|
| | befragt | | insgesamt | | befragt | | insgesamt | | m | w |
| | m | w | m | w | m | w | m | w | | |
| Quito | 24 | 15 | 58 | 53 | 16 | 23 | 44 | 50 | 40 | 38 |
| Guayaquil | 10 | 11 | 42 | 46 | 17 | 14 | 43 | 40 | 27 | 25 |
| Anteil an der jeweiligen Gesamtzahl | 34 | 26 | 100 | 99 | 33 | 37 | 87 | 90 | 67 | 63 |
| | 60 (30,15%) von 199 | | | | 70 (39,55%) von 177 | | | | 130 (34,57%) von 376 | |

3.3 Messinstrument

In der Gesamtstudie wurde – abweichend von vielen deutschsprachigen Untersuchungen über Schülervorstellungen – methodisch eine Fragebogenerhebung mit geschlossenen Fragen eingesetzt. Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion (vgl. Kap. 2) erlaubt, je nach Problemstellung der Untersuchung, grundsätzlich methodische Anpassungen (vgl. MÜLLER, 2009). Geschlossene Antwort-Items wurden in dieser Studie zur besseren Standardisierung und quantitativen Vergleichbarkeit gewählt. Weil die Autorin und die Autoren keine Muttersprachler sind, wurde auf offene bzw. qualitative Antworten verzichtet. Zur Qualitätssicherung und sprachlichen Fehlerbehebung ist die spanische Version des Fragebogens zusätzlich von zwei Muttersprachlern korrekturgelesen worden.

Da es – laut mündlicher Aussagen ecuadorianischer Kolleginnen und Kollegen – in Ecuador sehr beliebt ist, bei Befragungen möglichst neutrale Antworten zu geben, wurde dazu geraten, im Fragebogen nicht die übliche fünfteilige Likert-Skala zu verwenden, sondern eine vierteilige Skala anzuwenden. Dadurch waren die Schülerinnen und Schüler aufgefordert, sich für eine positive oder eine negative Antwort zu entscheiden. Dieses Vorgehen entsprach dem Ziel, klare Positionen der Befragten bei Wissensabfragen zu ermitteln. Ein Pre-Test mit ecuadorianischen Schülerinnen und Schülern des Jgst. 6 zeigte, dass die vierteilige Skala für sie noch zu schwierig war, sodass diese in eine noch eindeutigeren zweiteilige Ja/Nein-Skala abgeändert wurde. Im Sinne der Vergleichbarkeit der Schülergruppen (Jgst. 6 vs. Jgst. 12) wurde die in einer vierteiligen Likert-Skala erfassten Antworten der Jgst. 12 in eine zweiteilige Ja-/Nein-Skala übersetzt.

Bei der Frage nach der Quelle des Wissens wurde eine Skala mit vorgegebenen Antwortmöglichkeiten zum Ankreuzen (Mehrfachantworten möglich) verwendet. Der Fragebogen der Gesamtstudie richtete sich auf sechs Untersuchungsbereiche (vgl. ABB 2), die aus unterschiedlichen Perspektiven das Thema Vulkane und Vulkanismus aufgreifen. Der bereits zuvor angesprochene Pre-Test belegte, dass die jüngeren Schülerinnen und Schüler den umfangreichen Fragebogen in einer Unterrichtsstunde (max. 45 Min.) vollständig bearbeiten konnten, sodass keine weiteren Kürzungen des umfangreichen Aufgabenkatalogs erforderlich waren.

Die erfassten Befragungsdaten wurden zunächst, ausgehend von den eingesammelten Printbögen, in Microsoft Excel digitalisiert und kodiert, bevor sie in die statistische Auswertungssoftware SPSS importiert und ausgewertet wurden. In SPSS konnte pro Probandin und Proband jeweils der gemittelte prozentuale Anteil korrekt beantworteter Frageitems berechnet werden. Dieser Anteil wird im Folgenden als „Trefferrate“ bezeichnet. Somit bezog sich die Trefferrate auf den gemittelten prozentualen Anteil korrekt beantworteter Frageitems.

Als geeignete statistische Auswertemethode wurde für jeden der vier ausgewählten Fragebogenteile eine 2x2-Varianzanalyse (ANOVA) gewählt. Diese umfasste die aus den Antworten berechnete Trefferrate als abhängige Variable (Messgröße). Als Zwischen-subjektfaktoren gingen SCHULSTANDORTE und JAHRGANGSSTUFE, mit ihren jeweils zwei Faktorbedingungen (JAHRGANGSSTUFE: Jgst. 6 vs. Jgst. 12; SCHULSTANDORT: Quito vs. Guayaquil) in die ANOVAs ein.

4 Untersuchungsergebnisse

4.1 Schülerwissen zur Lage von aktiven Vulkanen

Die Varianzanalyse (ANOVA) zum prozentualen Anteil korrekt beantworteter Frageitems (Trefferrate) zeigte weder einen signifikanten Haupteffekt für JAHRGANGSSTUFE – $F(1; 126)=0,008$; $p=0,928$; $n^2<0,001$ – noch für SCHULSTANDORT – $F(1; 126)=0,044$; $p=0,834$; $n^2<0,001$. ABB 3 veranschaulicht die (nicht signifikante) Mittelwertverteilung.

Die Trefferrate ist mit Werten zwischen 68–74% insgesamt als hoch zu charakterisieren (vgl. ABB 4). Jedoch beeinflussen weder das Alter der Schülerinnen und Schüler noch die Lage der Schule das Wissen zu den Standorten aktiver Vulkane in Ecuador.

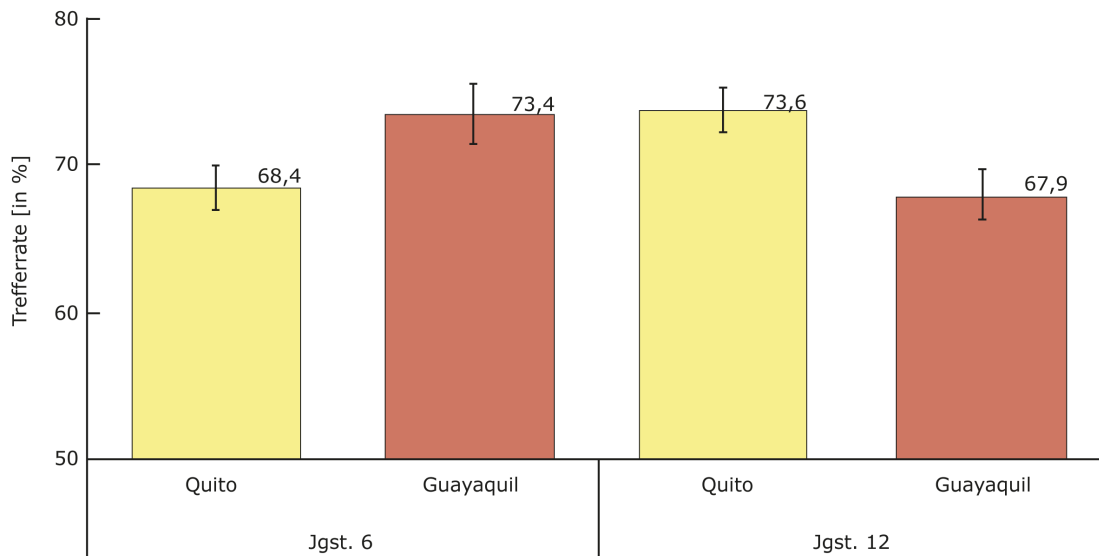


ABB 4 Mittelwerte zur Trefferrate in relativen Werten (%) bei der Verortung aktiver Vulkane in Ecuador (Fehlerbalken beziehen sich auf Standardfehler) (Quelle: Autorin und Autoren)

4.2 Schülerwissen zur Aktivität von Vulkanen

Die Varianzanalyse (ANOVA) zum prozentualen Anteil korrekt beantworteter Frageitems (Trefferquote) zeigte keinen signifikanten Haupteffekt für JAHRGANGSSTUFE – $F(1; 125) = 0,215$; $p = 0,644$; $\eta^2 = 0,02$. Im Gegensatz dazu wurde ein signifikanter Haupteffekt für SCHULSTANDORT ermittelt – $F(1; 125) = 31,163$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,200$ (vgl. ABB 5). Die Analyse ergab

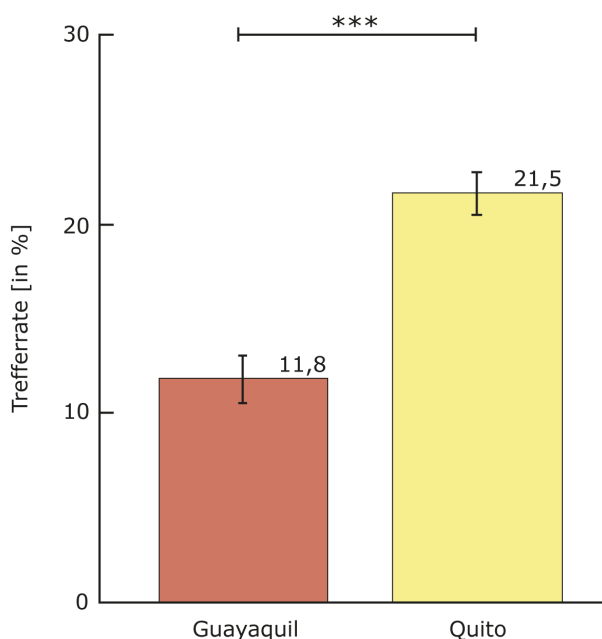


ABB 5 Mittelwerte zur Trefferrate bei der Benennung aktiver Vulkane in Ecuador (***: $p < 0,001$) (Quelle: Autorin und Autoren)

keine signifikante SCHULSTANDORT*JAHRGANGSSTUFE-Interaktion – $F(1; 125) = 0,634$; $p = 0,427$; $\eta^2 = 0,05$). Anzumerken ist, dass die Schülerinnen und Schüler in diesem Fragebogenteil bei der Beantwortung der insgesamt 16 Items sehr häufig eine hier mögliche dritte Ankreuzmöglichkeit (*weiß nicht*) wählten, was die geringen Mittelwerte (vgl. ABB 5) begründet.

Die Lage der Schule hat einen Einfluss auf das Wissen der Schülerinnen und Schüler zu den Namen der aktiven Vulkane Ecuadors. Die Schülerinnen und Schüler in Quito, die nahe am Cotopaxi und damit im Hochland (*sierra*) leben, kennen also mehr aktive Vulkane als die Schülerinnen und Schüler in Guayaquil, die weit entfernt von einem Vulkan im Küstentiefland (*costa*) leben. Das Alter der Schülerinnen und Schüler beeinflusst das Wissen zu den Namen aktiver Vulkane Ecuadors hingegen nicht.

4.3 Schülerwissen über den Schutz vor Vulkanausbrüchen

Die Varianzanalyse (ANOVA) zum prozentualen Anteil korrekt beantworteter Frageitems (Trefferquote) zeigte einen signifikanten Haupteffekt für JAHRGANGSSTUFE (vgl. Abb. 6a, $F(1; 126) = 16,277$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,114$). Zudem wurde ein signifikanter Haupteffekt für SCHULSTANDORT (vgl. Abb. 6b, $F(1; 126) = 4,491$; $p = 0,036$; $\eta^2 = 0,034$) ermittelt. Die Analyse ergab keine signifikante SCHULSTANDORT*JAHRGANGSSTUFE-Interaktion – $F(1; 126) = 0,376$; $p = 0,541$; $\eta^2 = 0,003$).

Eine empirische Studie zum Wissen von Schülerinnen und Schülern über aktive Vulkane

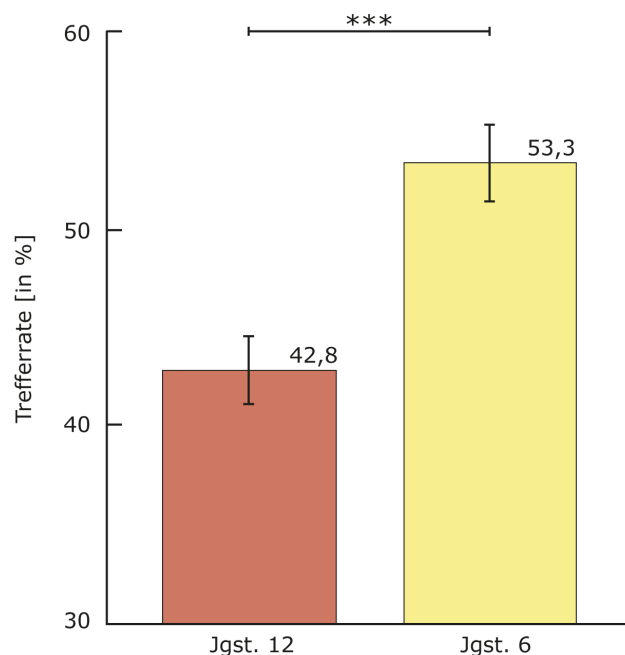


ABB 6A Mittelwerte zur Trefferrate beim Schutz vor Vulkanausbrüchen (***: $p < 0,001$), bezogen auf die Jahrgangsstufe (Quelle: Autorin und Autoren)

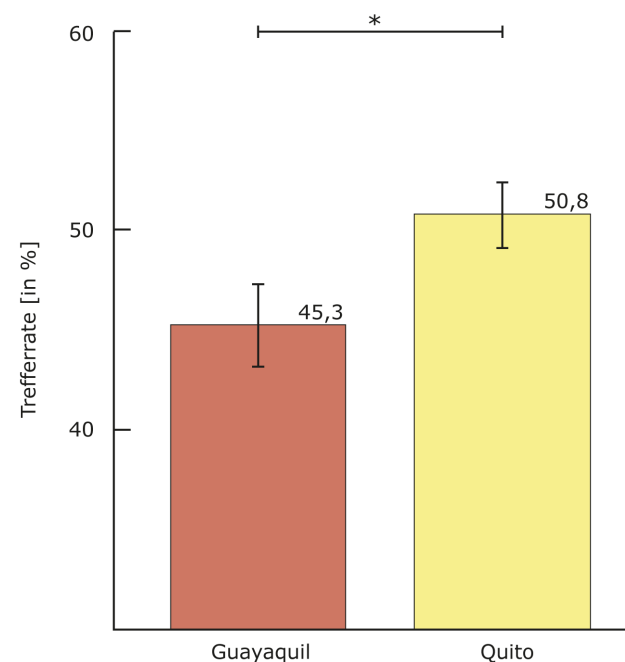


ABB 6B Mittelwerte zur Trefferrate beim Schutz vor Vulkanausbrüchen (*: $p < 0,05$), bezogen auf den Schulstandort (Quelle: Autorin und Autoren)

Die Schülerinnen und Schüler der 6. Jgst. haben ein besseres Wissen über den Schutz vor Vulkanausbrüchen als die älteren Schülerinnen und Schüler der Jgst. 12. Der Standort der Schule beeinflusst ebenfalls das Wissen. Die Schülerinnen und Schüler in Quito (in der Nähe des Cotopaxi) verfügen über mehr Wissen als die Schülerinnen und Schüler aus dem Küstentiefland Guayaquil.

4.4 Schülerwissen über den Inhalt des Notfallrucksacks

Die Varianzanalyse (ANOVA) zum prozentualen Anteil korrekt beantworteter Frageitems (Trefferate) zeigte weder einen signifikanten Haupteffekt für JAHRGANGSSTUFE ($F(1; 120) = 0,772$; $p = 0,381$; $\eta^2 = 0,006$) noch für SCHULSTANDORT ($F(1; 120) = 0,113$; $p = 0,737$; $\eta^2 = 0,001$). Weder das Alter der Schülerinnen und Schüler noch die naturräumliche Lage ihrer Schule beeinflusst das Wissen zu den Inhalten des Notfallrucksacks für den Gefahrenfall (Vulkanausbruch).

4.5 Quellen des Wissens

Eine Zusatzfrage richtete sich darauf, woher die Schülerinnen und Schüler ihr Wissen beziehen (Tab. 5). In Quito spielen Eltern (in der Jgst. 6) und Lehrkräfte (in der Jgst. 12) die größte Rolle als Wissensquelle. In Guayaquil ist es hingegen das Fernsehen in beiden Jahrgangsstufen. In der 12. Jgst. spielt aber auch hier der Unterricht eine größere Rolle. Die geringsten Werte erreicht in beiden Jahrgangsstufen und Räumen die Aufklärungsarbeit von Defensa Civil und SGR.

TAB 5 „Woher hast du dein Wissen über Vulkane?“ (Quelle: Autorin und Autoren)

| | Quito | | Guayaquil | |
|-------------------------------------|--|----------|--|----------|
| | Jgst. 6 | Jgst. 12 | Jgst. 6 | Jgst. 12 |
| Eltern | 83,8 | 51,3 | 28,6 | 41,9 |
| Freunde | 40,5 | 12,8 | 33,3 | 16,1 |
| Lehrkräfte | noch kein Unterricht über Vulkanismus | 76,9 | noch kein Unterricht über Vulkanismus | 64,5 |
| Bücher | 63,2 | 66,7 | 71,4 | 48,4 |
| Fernsehen | 64,9 | 69,2 | 80,0 | 79,3 |
| Internet | 60,5 | 59,0 | 61,9 | 54,8 |
| Radio | 24,3 | 20,5 | 31,8 | 3,2 |
| Zeitschriften | 37,8 | 29,0 | 38,1 | 29,0 |
| Defensa Civil | 8,1 | 0,0 | 19,0 | 6,5 |
| Feuerwehr | 32,4 | 17,9 | 33,3 | 29,0 |
| Polizei | 21,6 | 5,1 | 28,6 | 6,5 |
| Secretaría de Gestión de Riesgos | 8,1 | 5,1 | 9,5 | 9,7 |

5 Diskussion

Die statistischen Auswertungen dieser ersten explorativen Fallstudie deuten darauf hin, dass erstens das Wissen ecuadorianischer Schülerinnen und Schüler über Vulkane/Vulkanismus in Abhängigkeit zu naturräumlichen Gegebenheiten (Tiefland bzw. Hochland und Nähe bzw. Distanz zu aktiven Vulkanen) zu stehen scheint. Zudem besagen die erfassten Daten, dass es zweitens keinen Wissenszuwachs zwischen Schülerinnen und Schüler der Jgst. 6 und 12 gibt, obwohl das Thema Vulkanismus laut Auskunft der Fachlehrerinnen und Fachlehrer curricular verankert ist. In Quito erfolgt ein solcher Unterricht in den Jgst. 6 und 9, in Guayaquil in den Jgst. 6, 8 und 9. In der Oberstufe steht diese Thematik in keiner der beiden Schulen auf der Agenda.

Die erste Erkenntnis bekräftigt Leitfrage 2 (vgl. Kap. 2.4). Sie stützt sich auf signifikante Effekte hinsichtlich der Benennung aktiver Vulkane und des Gefahrenschutzes (vgl. Abb 5 und 6b). Die Schülerinnen und Schüler am Schulstandort Quito haben zu diesen Themen ein besseres Wissen als die Schülerinnen und Schüler am Schulstandort Guayaquil. Die räumliche Nähe zum aktiven Cotopaxi scheint in Quito eine stärkere Präsenz von Vulkanen und von ihnen ausgehenden Alltagsgefahren im Bewusstsein der Schülerinnen und Schüler auszuprägen. Die Topographie Guayaquils, die insbesondere durch Schwemmland, Lage an Gewässern, ein verhältnismäßig flaches Relief und die große Entfernung zu aktiven Vulkanen geprägt ist, scheint das (Alltags-)Wissen der Schülerinnen

und Schüler von vulkanologischen Problemstellungen zu entkoppeln. Vulkane sind weniger bekannt und das korrekte risikoreduzierende Verhalten im Gefahrenszenario weniger präsent.

Diese räumliche Wissensdisparität – zugunsten Quitos, gegenüber Guayaquil – kann durch Ergebnisse der Frage nach den Quellen, mit denen sich Schülerinnen und Schüler über Vulkane informieren, bestätigt werden. Die deskriptive Auswertung (vgl. TAB 5) zeigt, dass Bezugspersonen der Schülerinnen und Schüler (dazu zählen Lehrkräfte, Freunde und insbesondere die Eltern) das Wissen in den beiden Städten unterschiedlich intensiv prägen. Es zeigt sich der Trend, dass in Guayaquil weniger über Vulkane und dadurch ausgehende Gefahren gesprochen wird als in Quito.

Ferner verdeutlicht die Befragung nach den Quellen des Wissens (vgl. TAB 5), dass die mediale Informationsabdeckung zu Vulkanen und zu entsprechender Gefahren räumlich keine auffälligen Unterschiede aufzeigt. Die Schülerinnen und Schüler beider untersuchter Jgst. geben in ähnlichem Ausmaß an, sich über Bücher, Internet, Radio und Zeitschriften zu informieren. Nur beim Fernsehen zeigt sich in der Jgst. 6 bei den Schülerinnen und Schülern in Quito (64,9%) und Guayaquil (80,0%) ein deutlicher Unterschied. Darüber hinaus scheint deutlich zu werden, dass die Aufklärungsarbeit öffentlich-geführter Einrichtungen (bspw. Defensa Civil und SGR) aktuell kaum Einfluss auf die Ausprägung des Wissens junger Menschen über Vulkane/Vulkanismus nimmt. Vor dem Hinter-

grund, einer verstärkten und flächendeckenden staatlich gesteuerten Aufklärungs- bzw. Präventionsarbeit zu Vulkanen und davon ausgehenden Gefahren, deuten sich hier klare Steigerungspotenziale an.

Die zweite Erkenntnis wird durch alle Teilergebnisse bestätigt. Zunächst kann – Leitfrage 1 entsprechend (vgl. Kap. 2.4) – festgehalten werden, dass die Kinder der 6. Jgst. bereits vor der Behandlung vulkanologischer Themen im Schulunterricht Wissen zur Lage von aktiven Vulkanen haben. Dies lässt sich dadurch begründen, dass entsprechende Mittelwerte zum Verortungswissen (vgl. Abb 4) eindeutig über dem Zufallsniveau bei Ja-Nein-Fragebögen (50%) liegen. Des Weiteren zeigt sich in keiner Analyse, dass – entgegen der Annahme aus Leitfrage 3 (vgl. Kap. 2.4) – mit zunehmendem Lebensalter und fast abgeschlossener Gymnasialbildung das Wissen zu Vulkanen, d.h. zu ihrer Verortung, Benennung sowie zum Schutz vor Vulkanen, zunimmt (vgl. Abb 4 bis 6b). Beim Gefahrenschutz ist sogar festzustellen, dass – losgelöst von der naturräumlichen Lage des Schulstandortes (der Haupteffekt wird nicht durch eine Interaktion moduliert; vgl. Abb 6b) – die jüngeren Schülerinnen und Schüler der Jgst. 6 ein signifikant besseres Wissen haben als ältere Schülerinnen und Schüler der Jgst.12. Mögliche Gründe dafür könnten sein, dass das Thema Gefahrenschutz im ecuadorianischen Gymnasialcurriculum nicht ausreichend vertreten ist oder an den Elitegymnasien des Landes aktuell in einem nicht hinreichenden Maße unterrichtlich umgesetzt wird. Katastrophenvorsorge spielt womöglich keine oder eine nur untergeordnete Rolle. Möglicherweise ist bei den älteren Schülerinnen und Schülern das Schutzbedürfnis nicht mehr so stark ausgeprägt wie bei jüngeren Schülerinnen und Schülern. Andererseits könnte auch eine Veränderung der Interessenbereiche bei den Jugendlichen gegenüber den Kindern eine Rolle spielen. Dadurch könnte das grundsätzlich zunächst sehr hohe intrinsische Interesse an Vulkanen/Vulkanismus mit dem Alter etwas zurückgehen (vgl. HEMMER & HEMMER, 2010). Insgesamt ist das Wissen zum Ge-

fahrenschutz über alle Gruppen hinweg äußerst niedrig und bewegt sich statistisch um das Zufallsniveau bei Ja-Nein-Erhebungen. Diese Erkenntnisse stützen weitere empirische Ergebnisse, die Wissensdefizite über vulkanologische Prozesse bei Schülerinnen und Schülern (vgl. CARLINO et al., 2008) ermittelten sowie bei Studierenden (vgl. HEMMERICH & WILEY, 2002; PARHAM et al., 2010) feststellten, die in einer Erhebung einen Wissensmangel in der Risikoregion um den Vesuv aufwiesen.

Hinzu kommt, wie laufende Auswertungen aus der Gesamtstudie zeigen, dass lediglich 23,8% der befragten Schülerinnen und Schüler einen Notfallrucksack besitzen. Das bedeutet, dass 76,2% der Schülerinnen und Schüler im Falle eines Vulkanausbruchs über keine wichtigen Hilfsmittel für die Erstversorgung bzw. das Überleben verfügen. Die behördliche Vorschrift einen solchen zu besitzen, wird von den Eltern anscheinend nicht eingehalten bzw. mehrheitlich ignoriert. Vielleicht sind sich die Eltern aber auch der potenziellen Gefahren nicht bewusst, die von Vulkanen ausgehen können. Auf keinen Fall sind es finanzielle Gründe, die die Eltern daran hindern, einen Notfallrucksack zu kaufen. Denn die Eltern der Kinder und Jugendlichen, die die Deutschen Schulen in Guayaquil und Quito besuchen, gehören – von Ausnahmen abgesehen – zur elitären Oberschicht Ecuadors.

Wie wichtig und effektiv Katastrophenvorsorge sein kann, belegt das Beispiel Kuba. Obwohl das kleine Land innerhalb eines der weltweit gefährlichsten Zyklonengebiete und im tektonischen Kontaktbereich der Karibischen und Nordamerikanischen Platten liegt und dementsprechend vor allem von meteorologischen und geotektonischen Naturgefahren (tropische Wirbelstürme/Hurrikans, Erdbeben) bedroht wird, bewältigt das wirtschaftlich unterentwickelte, „arme“ Kuba, die es immer wieder heimsuchenden Naturgefahren weit erfolgreicher als die im selben Gefahrenbereich liegenden, wirtschaftlich hoch entwickelten, „reichen“ USA (vgl. Kasten 1).

Exkurs: Das Fallbeispiel Kuba

Das UN-Sekretariat zur Minderung von Katastrophen (ISDR) in Genf hat zum wiederholten Male das Katastrophenschutzsystem Kubas als sehr erfolgreich gelobt. Eine funktionierende und effiziente Katastrophenvorsorge trägt also entscheidend dazu bei, die Zahl an Verletzten und Toten bei einer

Katastrophe zu reduzieren bzw. zu minimieren (Otto, 2016). So kamen beim Hurrikan Matthew, der am 5. Oktober 2016 den Inselstaat Kuba mit Windgeschwindigkeiten von über 220 Stundenkilometer (Kategorie 5 der Saffir-Simpson-Hurrikan-Skala) traf, keine Menschen auf Kuba um.

Tab 1 Auswirkungen von Hurrikans auf Kuba und in den USA (Quelle: Autorin und Autoren zusammengestellt nach Zahlen verschiedener Autoren; bei Sandy 2012: CONSUMER NEWS AND BUSINESS CHANNEL, 2012, bei: Matthew 2016: NATIONAL HURRICANE CENTER, 2017 und bei Irma 2017: NATIONAL HURRICANE CENTER, 2018)

| Hurricane | Land | Hurrikan-Kategorie/ Windgeschwindigkeit | BIP (2016) ¹ (in Mrd. USD) | HDI (2016) ² | Weltrisikoindex ³ | Todesopfer | Ver- misste | Schaden (in USD) |
|-----------------|------|--|---|----------------------------|------------------------------|----------------------|----------------|-----------------------|
| Sandy 2012 | Kuba | 3/178-208 km/h | 89,7 | 0,775 | 6,42% Rang 89 | 11 | 0 | 2 Mrd. |
| | USA | 1/119-153 km/h | 19.362 | 0,920 | 3,88% Rang 127 | 161 | 0 | 71,4 Mrd. (geschätzt) |
| Matthew 2016 | Kuba | 4/209-251 km/h | 89,7 | 0,775 | 6,42% Rang 89 | 0 | 0 | 2,58 Mrd. |
| | USA | 3/178-208 km/h | 19.362 | 0,920 | 3,88% Rang 127 | 34 | 0 | 10 Mrd. |
| Irma 2017 | Kuba | 5/251 km/h | 89,7 | 0,775 | 6,42% Rang 89 | 9 | 0 | > 200 Mio. |
| | USA | 4/209-251 km/h | 19.362 | 0,920 | 3,88% Rang 127 | 10 + 82 indirekte | 0 | 50 Mrd. |

1 ALBRECHT et al. (2018)

2 <http://www.laenderdaten.de/indizes/hdi.aspx>

3 Der WeltRisikoIndex ermittelt weltweit für jedes Land das Risiko, Opfer einer Katastrophe infolge eines extremen Naturereignisses zu werden. Dabei setzt sich das Risiko aus der Gefährdung gegenüber Naturgefahren und der gesellschaftlichen Vulnerabilität zusammen (vgl. BÜNDNIS ENTWICKLUNG HILFT & UNU-EHS, 2017).

6 Reflexion und Ausblick

Die Ergebnisse der Untersuchung deuten darauf hin, dass die räumliche Lage von Schulstandorten das Wissen der Kinder und Jugendlichen über Vulkane/Vulkanismus beeinflusst. Daher bietet es sich bei weiteren Untersuchungen der erhobenen Daten an, auch hier die räumliche Lage und topographische Charakteristika der Umgebung mit in den Fokus zu stellen. Darüber hinaus sollen in zusätzlichen Teilveröffentlichungen weitere spezifische Fragestellungen zur differenzierteren Betrachtung des Vulkanismus (bspw. Vulkanaufbau und Vulkanentstehung) untersucht werden. Ebenso wäre es auch interessant zu analysieren, ob es hinsichtlich des Wissens und der Handlungsfähigkeit zu Vulkanen/Vulkanismus auffällige Stadt-Land-Unterschiede gibt. Womöglich sind solche Stadt-Land-Effekte stärker als Effekte, die durch

die Sozialstruktur der Schulen (privat vs. staatlich) entstehen. Zudem sollten Untersuchungen der Frage nachgehen, ob auch die Kinder und Jugendlichen, die nicht zur Oberschicht gehören, in der Katastrophenvorsorge im Hochrisikoland Ecuador unzureichend gebildet werden.

Trotz deutlicher Effekte in den ausgewerteten quantitativen Daten dieser ersten Erhebung wären zusätzliche offene Fragen qualitätssteigernd gewesen, um die quantitativ abgeleiteten Aussagen stärker differenzieren und besser mit Erklärungen untermauern zu können. Auf Grund der sprachlichen Kompetenzen der Autorin und der Autoren, die keine Muttersprachler sind, konnten diese aber nicht gestellt und dementsprechend ausgewertet werden. Auch die zusätzliche Durchführung von qualitativen Interviews, die

ebenfalls zu noch differenzierteren Ergebnissen geführt hätten, konnten aus dem genannten Grund nicht realisiert werden. In zukünftigen Erhebungen sollten z.B. durch Kooperation mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus der Region entsprechende Interviews zur Ermittlung und Bestätigung von Gründen bestimmter Effekte geführt und ausgewertet werden.

Literatur

- AGUILERA, E. & DUEÑAS, W. (2007). *The Explosive Eruptions of the Volcano Tungurahua of July and August 2006*. Quito: Proyecto Descentralización y Desarrollo Local.
- AGUILERA, E., PARESCHI, M.T., ROSI, M. & ZANCHETTA, G. (2004). Risk from Lahars in the Northern Valleys of Cotopaxi Volcano (Ecuador). *Natural Hazards*, 33(2), 161–189. DOI: 10.1023/B:NHAZ.0000037037.03155.23
- BAALMANN, W., FRIEDERICH, V., WEITZEL, H., GROPPENGIESSER, H. & KATTMANN, U. (2004). Schülervorstellungen zu Prozessen der Anpassung: Ergebnisse einer Interviewstudie im Rahmen der Didaktischen Rekonstruktion. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10, 7–28.
- BAN, K.-M. (2008). *Time for a New Path out of Disaster*. Aufgerufen am 18. April 2018 unter <http://www.un.org/sg/articles/articleFull.asp?TID=82&Type=Op-Ed&h=o>
- BARBERI, F., COLTELLI, M., FRULLANI, A., ROSI, M. & ALMEIDA, E. (1995). Chronology and Dispersal Characteristics of Recently (Last 5,000 Years) Erupted Tephra of Cotopaxi (Ecuador): Implications for Long-Term Eruptive Forecasting. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 69(3), 217–239. DOI: 10.1016/0377-0273(95)00017-8
- BLAKE, A. (2005). Do Young Children's Ideas about the Earth's Structure and Processes Reveal Underlying Patterns of Descriptive and Causal Understanding in Earth Science? *Research in Science & Technological Education*, 23(1), 59–74. DOI: 10.1080/02635140500068450
- BMZ (BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFTLICHE ZUSAMMENARBEIT UND ENTWICKLUNG). (2010). *Katastrophenvorsorge: Beiträge der deutschen Entwicklungszusammenarbeit* [Broschüre]. Bonn: Autor
- BÜNDNIS ENTWICKLUNG HILFT & UNU-EHS. (2017). *WeltRisikoBericht: Analyse und Ausblick 2017*. Berlin: Bündnis Entwicklung Hilft.
- CARLINO, S., SOMMA, R. & MAYBERRY, G. (2008). Volcanic Risk Perception of Young People in the Urban Areas of Vesuvius: Comparisons with Other Volcanic Areas and Implications for Emergency Management. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 172 (3–4), 229–243. DOI: 10.1016/j.jvolgeores.2007.12.010
- CERCA, M., TOULKERIDIS, T. & CONCHA-DIMAS, A. (Hg.). (2005). *First Results about the Structural Setting and Emplacement Model of the Cotopaxi Volcanic Complex, Ecuador. Beitrag in der Chapman Conference on the Effects of Basement, Structure, and Stratigraphic Heritages on Volcano Behaviour, Tagaytay City, Philippines*.
- CHARTRAIN, J.-L. & CAILLOT, M. (2001). Conceptual Change and Student Diversity: The Case of Volcanism at the Elementary School. In M. KOMOREK, H. BEHRENDT & H. DAHNCKE (Hg.), *Research in Science Education-Past, Present, and Future* (381–383). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- CONSUMER NEWS AND BUSINESS CHANNEL. (2012). *Hurricane Sandy kills 41 in Caribbean, targets U.S.* Aufgerufen am 29. Dezember 2018 unter <https://www.cnn.com/id/100053642>
- CONRAD, D. S. (2014). *Erfahrungsbasiertes Verstehen geowissenschaftlicher Phänomene: Eine didaktische Rekonstruktion des Systems Plattentektonik* (Dissertation). Universität Bayreuth, Bayreuth.
- DAL, B. (2005). The Initial Concept of Fifth Graduate Turkish Students Related to Earthquakes. *European Journal of Geography*, 326, 1–17.
- DOVE, J. E. (1998). Students' Alternative Conceptions in Earth Science: A Review of Research and Implications for Teaching and Learning. *Research Papers in Education*, 13(2), 183–201. DOI: 10.1080/0267152980130205
- DUIT, R. (2006). Schülervorstellungen und Lernen von Physik: Forschungsergebnisse und Realität der Unterrichtspraxis. In: GIRWIDZ, R. (Hg.), *Lernen im Physikunterricht* (S. 13–22). Hamburg: Springer.
- DUIT, R. (2008). Zur Rolle der Schülervorstellungen im Unterricht. *Geographie heute*, 265, 2–6.
- FELGENTREFF, C., KUHLCHE, C. & WESTHOLT, F. (Hg.). (2012). *Naturereignisse und Sozialkatastrophen (Band 8)*. Berlin: Spektrum.
- FREYMULLER, J. T., KELLOGG, J. N. & VEGA, V. (1993). Plate Motions in the North Andean Region. *Journal of Geophysical Research*, 98(B12), 53–64. DOI: 10.1029/1988JB00533

- GAPP, S. & SCHLEICHER, Y. (2010). Alltagsvorstellungen von Grundschulkindern: Erhebungsmethoden und Ergebnisse, dargestellt anhand der Thematik „Schalenbau der Erde“. In S. REINFRIED (Hg.), *Schülervorstellungen und geographisches Lernen: Aktuelle Conceptual-Change-Forschung und Stand der theoretischen Diskussion* (S. 33-54). Berlin: Logos Berlin.
- GOBERT, J. (2000). A Typology of Casual Models for Plate Tectonics: Inferential Power and Barriers to Understanding. *International Journal of Science Education*, 22(9), 937–978. DOI: 10.1080/095006900416857
- HALL, M. L., ROBIN, C., BEATE, B., MOTHES, P. & MONZIER, M. (1999). Tungurahua Volcano, Ecuador: Structure, Eruptive History and Hazards. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 91(1), 1–21. DOI: 10.1016/S0377-0273(99)00047-5
- HAPPS, J. C. (1982). *Rocks and Minerals: Science Education Research Unit-Arbeitsbericht Nr. 204*. Aufgerufen am 31.08.2018 unter <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED236034.pdf>
- HEMMER, H. & HEMMER, I. (2010). Schulinteresse an Themen, Regionen und Arbeitsweisen des Geographieunterrichts: Ergebnisse der Empirischen Forschung und deren Konsequenzen für die Unterrichtspraxis. In H. HEMMER & I. HEMMER (Hg.), *Geographiedidaktische Forschungen*, 46, (S. 65–145). Weingarten: Selbstverlag des Hochschulverbandes für Geographie und ihre Didaktik e.V. (HGD).
- HEMMER, M., RAHNER, M. & SCHULER, S. (2011). Naturrisiken im Geographieunterricht: Ausgewählte Ergebnisse empirischer Studien zur Schülerperspektive, didaktische Konsequenzen und Forschungsperspektiven. *Geographie und ihre Didaktik*, 39(1), 1–24.
- HEMMERICH, J. & WILEY, J. (2002). Do Argumentation Tasks Promote Conceptual Change about Volcanoes? *Proceedings of the Twenty-Fourth Annual Conference of the Cognitive Science Society*, 24, 453–458.
- HUFSCHMIDT, G. & DIKAU, R. (2013). Bildung als Katastrophenvorsorge. In UNGER, C., MITSCHKE, T. & FREUDENBERG, D. (Hg.), *Krisenmanagement-Notfallplanung-Bevölkerungsschutz: Festschrift anlässlich 60 Jahre Ausbildung im Bevölkerungsschutz* (S. 273–291). Berlin: Duncker & Humboldt.
- IGEPN (INSTITUTO GEOFÍSICO DE LA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL). (2015a). *Daily Reports of Cotopaxi Volcano in 2015 of the Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional*. Aufgerufen am 18. April 2018 unter <http://www.igepn.edu.ec/informes-volcanicos/cotopaxi/coto-diarios/coto-d-2015>
- IGEPN (INSTITUTO GEOFÍSICO DE LA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL). (2015b). *Special Reports of Cotopaxi Volcano in 2015 of the Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional*. Aufgerufen am 18. April 2018 unter <http://www.igepn.edu.ec/informes-volcanicos/cotopaxi/coto-especiales/coto-e-2015>
- KATTMANN, U., DUIT, R., GROPENGIESSER, H. & KOMOREK, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion: Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift für die Didaktik der Naturwissenschaften*, 3, 3–18. DOI: 10.13140/RG.2.2.11464.52481
- La Condamine Ch. M. (1986). *Diario del Viaje al Ecuador*, Quito: Publitécnica. (Original veröffentlicht in 1751).
- LANE, L. R., TOBIN, G. A. & WHITEFORD, L. M. (2003). Volcanic Hazard or Economic Destitution: Hard Choices in Baños, Ecuador. *Environmental Hazards*, 5, 23–34. DOI: 10.1016/j.hazards.2004.01.001
- LEATHER, D. A. (1987). Views of the Nature and Origin of Earthquakes and Oil Held by Eleven to Seventeen Year Olds. *Geology teaching: Journal of the Association of Teachers of Geology*, 12(3), 102–108.
- LEPENNEC, J.-L. ET AL. (Hg.). (2004). *A Reconstruction of the Historical Eruption of Tungurahua Volcano, Ecuadorian Andes. Beitrag in der IAVCEI general assembly, Pucón, Ecuador*.
- LIBARKIN, J. C. (2006). College Student Conceptions of Geological Phenomena and their Importance in Classroom Instruction. *Planet*, 17, (6–9). DOI: 10.5408/1089-9995-55.5.413
- LIBARKIN, J. C., & ANDERSON, S. W. (2005). Assessment of Learning in Entry-level Geoscience Courses: Results from the Geoscience Concept Inventory. *Journal of Geoscience Education*, 53, 394–401. DOI: 10.5408/1089-9995-53.4.394
- LILLO, J. (1994). An Analysis of the Annotated Drawings of the Internal Structure of the Earth Made by Students Aged 10-15 from Primary and Secondary Schools in Spain. *Teaching Earth Sciences*, 19(3), 83–87.
- MÖNTER, L. & OTTO, K.-H. (2017). The Concept of Disasters in Geography Education. *Journal of Geography in Higher Education*, 42(2), 1–15. DOI: 10.1080/03098265.2017.1339266
- MÜLLER, M. (2009). *Meteoriteneinschläge auf der Erde: Fachliche Konzepte, Schülerperspektiven und didaktische Umsetzung*. Weingarten: Selbstverlag des Hochschulverbandes für Geographie und ihre Didaktik e.V. (HGD).

- NATIONAL HURRICANE CENTER (Hg.). (2017). *Tropical Cyclone Report: Hurricane Matthew*. Aufgerufen am 06. November 2018 unter https://www.nhc.noaa.gov/data/tcr/AL142016_Matthew.pdf
- NATIONAL HURRICANE CENTER (Hg.). (2018). *Tropical Cyclone Report: Hurricane Irma*. Aufgerufen am 06. November 2018 unter https://www.nhc.noaa.gov/data/tcr/AL112017_Irma.pdf
- OTTO, K.-H. (2016). Nach der Katastrophe ist vor der Katastrophe!: Zur Bedeutung der Katastrophenvorsorge im kompetenzorientierten Geographieunterricht. *Geographie aktuell und Schule*, 38(221), 13–24.
- OTTO, K.-H., TOULKERIDIS, T., ZACH, I., EDLER, D. & MOOG, S. (2018). Volcanoes and Volcanism in Ecuador: An Empirical Study on Ideas, Knowledge and Attitude of Elementary and High School Students in Quito and Guayaquil. *Revista de Ciencias de Seguridad y Defensa*, 3(2), 194–211.
- PARHAM JR. T. L., CERVATO, C., GALLUS JR W. A. & LARSEN, M. (2010). The InVEST Volcanic Concept Survey: Exploring Student Understanding about Volcanoes. *Journal of Geoscience Education*, 58(3), 177–187. DOI: 10.5408/1.3544298
- PICHLER, A. & STRIESSNIG, E. (2013). Differential Vulnerability to Hurricanes in Cuba, Haiti and the Dominican Republic: The Contribution of Education. *Ecology and Society*, 18(3), 1–10. DOI: 10.5751/ES-05774-180331
- PISTOLESI, M. (2008). Historical Analysis and Stratigraphy of the Post-XII Century Pyroclastic Activity at Cotopaxi Volcano, Ecuador: Implication for Lahar Hazard Assessment. *Plinius*, 34, 131–138.
- PISTOLESI, M., CIONI, R., ROSI, M., & AGUILERA, E. (2014). Lahar Hazard Assessment in the Southern Drainage System of Cotopaxi Volcano, Ecuador: Results from Multiscale Lahar Simulations. *Geomorphology*, 207, 51–63. DOI: 10.1016/j.geomorph.2013.10.026
- REINFRIED, S. (2008). Schülervorstellungen und Lernen von Geographie. *geographie heute*, 265, 8–12.
- REINFRIED, A. (2010). Lernen als Vorstellungsänderung: Aspekte der Vorstellungsforschung mit Bezügen zur Geographiedidaktik. In REINFRIED, S. (Hg.), *Schülervorstellungen und geographisches Lernen: Aktuelle Conceptual-Change-Forschung und Stand der theoretischen Diskussion* (S. 1–31). Berlin: Logos Verlag.
- REINFRIED, S. (2015). Wissen erwerben und Einstellungen reflektieren. In REINFRIED, S. & H. HAUBRICH (Hg.), *Geographie unterrichten lernen: Die Didaktik der Geographie* (S. 53–57). Berlin: Cornelsen.
- REINMANN, G. & MANDL, H. (2001). Unterrichten und Lernumgebungen gestalten. In KRAPP, A., *Pädagogische Psychologie kompakt: Mit Online-Materialien*. (S. 601–646). Weinheim: Beltz.
- SCHULER, S. (2011). *Alltagstheorien zu den Ursachen und Folgen des globalen Klimawandels: Erhebung und Analyse von Schülervorstellungen aus geographiedidaktischer Perspektive*. Bochum: Europäischer Universitätsverlag.
- SCHNOTZ, W. (2011). *Pädagogische Psychologie kompakt: Mit Online-Materialien*. Weinheim: Beltz.
- SHARP, J. G., MACKINTOSH, M. A. P. & SEEDHOUSE, P. (1995). Some Comments on Children's Ideas about Earth Structure, Volcanoes, Earthquakes and Plates. *Teaching Earth Sciences*, 20(1), 28–30.
- SMITHSONIAN INSTITUTION (2015). *Volcano Data, Weekly and Monthly Reports*. Aufgerufen am 18. April 2018 unter https://volcano.si.edu/reports_weekly.cfm
- SODIRO L. (1877). *Relación Sobre la Erupción del Cotopaxi, Acaecida el Día 26 de Junio de 1877*. Quito: Imprenta Nacional.
- TOULKERIDIS, T. (Hg.). (2006). *New, Efficient Educative Prevention for Ecuador's Volcano Cotopaxi. Beitrag in der Konferenz Cities On Volcanoes 4 (COV4), Quito, Ecuador*.
- TOULKERIDIS, T. (Hg.). (2010). *Volcanic Hazard Preparedness in Ecuador. Beitrag in der Konferenz Cities On Volcanoes 6 (COV6), Quito, Ecuador*.
- TOULKERIDIS, T. (2013). *Volcanes Activos Ecuador*. Quito: Santa Rita.
- TOULKERIDIS, T. & ZACH, I. (2016). Wind Directions of Volcanic Ash-charged Clouds in Ecuador: Implications for the Public and Flight Safety. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 1–15. DOI: 10.1080/19475705.2016.1199445
- TREND, R., EVERETT, L., DOVE, J. E. (2000). Interpreting Primary Children's Representations of Mountains and Mountainous Landscapes and Environments. *Research in Science & Technological Education*, 18(1), 85–112. DOI: 10.1080/02635140050031064

UNESCO (UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION). (2014). *Roadmap for Implementing the Global Action Program on Education for Sustainable Development*. Aufgerufen am 18. April 2018 unter <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/1674unescoroadmap.pdf>

UN/ISDR (UNITED NATIONS INTER-AGENCY SECRETARIAT OF THE INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION). (2006). *World Disaster Reduction Campaign 2006-2007: Disaster Reduction Begins at School*. Aufgerufen am 18. April 2018 unter http://www.unisdr.org/files/2105_VL108003.pdf

WOLF, T. (1878). *Memoria Sobre el Cotopaxi y su Ultima Erupción Acaecida el 26 de Junio de 1877*. Guayaquil: Imprenta de El Comercio.